

Алексис Уиллет Дженнифер Барнет
Какой объем мозга нам реально нужен?

Какой
Объем
Мозга
Нам
Реально
Нужен?

Великолепное исследование развития мозга – условий, при которых совершенствуются его когнитивные функции, и факторов, приводящих к их нарушению.

Mirror

АЛЕКСИС УИЛЛЕТ, ДЖЕННИФЕР БАРНЕТ

«Какой объем мозга нам реально нужен?»: КоЛибри, Азбука-Аттикус; Москва; 2019
ISBN 978-5-389-16553-3

Аннотация

Результаты новейших исследований показывают, что в обозримом будущем – еще до конца нынешнего столетия – человечество способно жить в мире без деменции, болезней Паркинсона и Альцгеймера и других нарушений здоровья, связанных с исчерпаемостью мозговых ресурсов. В книге, цель которой – «пролить свет на возможности человеческого мозга в прошлом, настоящем и будущем», видные британские специалисты в области биомедицины и нейробиологии Алексис Уиллет и Дженнифер Барнет выясняют, сводится ли оптимизация работоспособности мозга к эволюционному отсечению лишнего, изучают пути противодействия нейродегенеративным заболеваниям и оценивают роль сознательных усилий человека по поддержанию здоровья мозга.

«Сейчас люди живут дольше, и поэтому нам нужен мозг, более устойчивый к разрушительным последствиям старения и связанных с ним болезней... Изучение заболеваний, например той же болезни Альцгеймера, дает нам понимание того, как современный образ жизни и среда влияют на устойчивость мозга и механизмов, с помощью которых эта устойчивость поддерживается». (Алексис Уиллет, Дженнифер Барнет)

Алексис Уиллет, Дженнифер Барнет Какой объем мозга нам реально нужен?

Научный редактор: П.А. Зыкин, кандидат биологических наук, доцент
(биологический факультет СПбГУ, кафедра цитологии и гистологии,
лаборатория функциональной нейроморфологии)

© Alexis Willett and Jennifer Barnett, 2017

© Землеруб Т.Б., перевод на русский язык, 2018

© Издание на русском языке, оформление. ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус», 2019
КоЛибри®

* * *

Посвящается Грэму, без которого не было бы этой книги, и Кэссиди, которая так здорово отвлекала меня, что заставила планировать свое время как никогда раньше! Вы – лучшие

Алексис Уиллет

Посвящается Грегу, а также странным и удивительным мыслям, которыми он со мной поделился

Дженнифер Барнет

Введение Приступим к делу

Бабах – прогремел взрыв, и возникла Вселенная, затем – обезьянолюди. Они постепенно развивались, их мозг становился все больше и больше, потом чуть сморщился, и – вуаля! – вот и мы. Надо признать, это не самая научная теория нашего появления. Очевидно, что происходило еще много всего, благодаря чему мы стали теми, кто мы есть. Однако нас интересует вот что: зачем мозг настолько вырос и нужен ли он нам именно таким сейчас и в будущем?

Прежде чем пойти дальше, нужно понять, почему мы вообще говорим о том, какого размера мозг нам нужен. Этот вопрос родился после случайно подслушанной беседы двух выдающихся психиатров об исследовании, основанном на результатах сканирования головного мозга, в ходе которого обнаружилось, что у некоторых больных шизофренией людей после приема антипсихотических средств мозг сжимается. Они рассуждали, к чему подобная усадка мозга может привести таких людей в повседневной жизни, поскольку эти данные не были отражены в исследовании. Постепенно психиатры перешли к обсуждению другого вопроса: а заметили бы вообще эти люди изменения размера мозга, если бы сканирования не было? Другими словами, значит ли что-то эта усадка мозга? Что логически привело нас к вопросу: нужно ли изучать изменения размера мозга? Стоит ли нам беспокоиться о том, что они могут коснуться и нас?

На самом деле подобные изменения мозга – не редкость. Есть плохая новость: лет в 35 наш мозг начинает сжиматься. Но есть и хорошая: мы все равно худо-бедно справляемся. И все же нам интересно, как такое возможно. Означает ли это, что нам не нужен весь наш мозг целиком?

У всех людей есть головной мозг. Впрочем, иногда это утверждение вызывает сомнения, когда смотришь на участников реалити-шоу или слушаешь некоторых политиков, но, как бы там ни было, мозг есть у нас у всех. Это невероятно сложный орган, представляющий собой подвижную массу клеток и соединений, и сложнее в нашем организме ничего нет. Мозг балансирует на самом вершине организма и контролирует каждое его движение и мысль, неся ответственность за все, что мы делаем. И хотя все мы очень разные и здоровье у нас разное, структура развитого мозга у всех весьма похожа.

Современный человеческий мозг состоит из определенных отделов, которые грубо можно разделить на три группы: полушария большого мозга, мозжечок и ствол. Каждая группа состоит из нескольких частей (для удобства мы постарались показать самые основные на рис. 1). Представляя себе мозг, мы, как правило, вспоминаем как раз большую его часть – полушария. Они выглядят как скомканная в клубок пористая колбаса. Мозжечок гораздо меньше по размеру и расположен в задней части головы, под полушариями головного мозга. Также под полушариями перед мозжечком находится ствол мозга. Однако я не сомневаюсь, что вам известно: это очень упрощенное и грубое представление об анатомии.

Если рассматривать все царство животных в целом, то размер человеческого мозга намного больше, чем можно было бы предположить исходя из размеров человека. Есть мнение, что для того, чтобы позволить себе такой большой мозг, дети должны рождаться раньше, чем у других биологических видов, беззащитными, неспособными себя прокормить или даже уйти от опасности. С точки зрения выживания это совершенно бессмысленно. Так почему же эволюция сформировала наш мозг именно таким? Какие преимущества он нам дает?

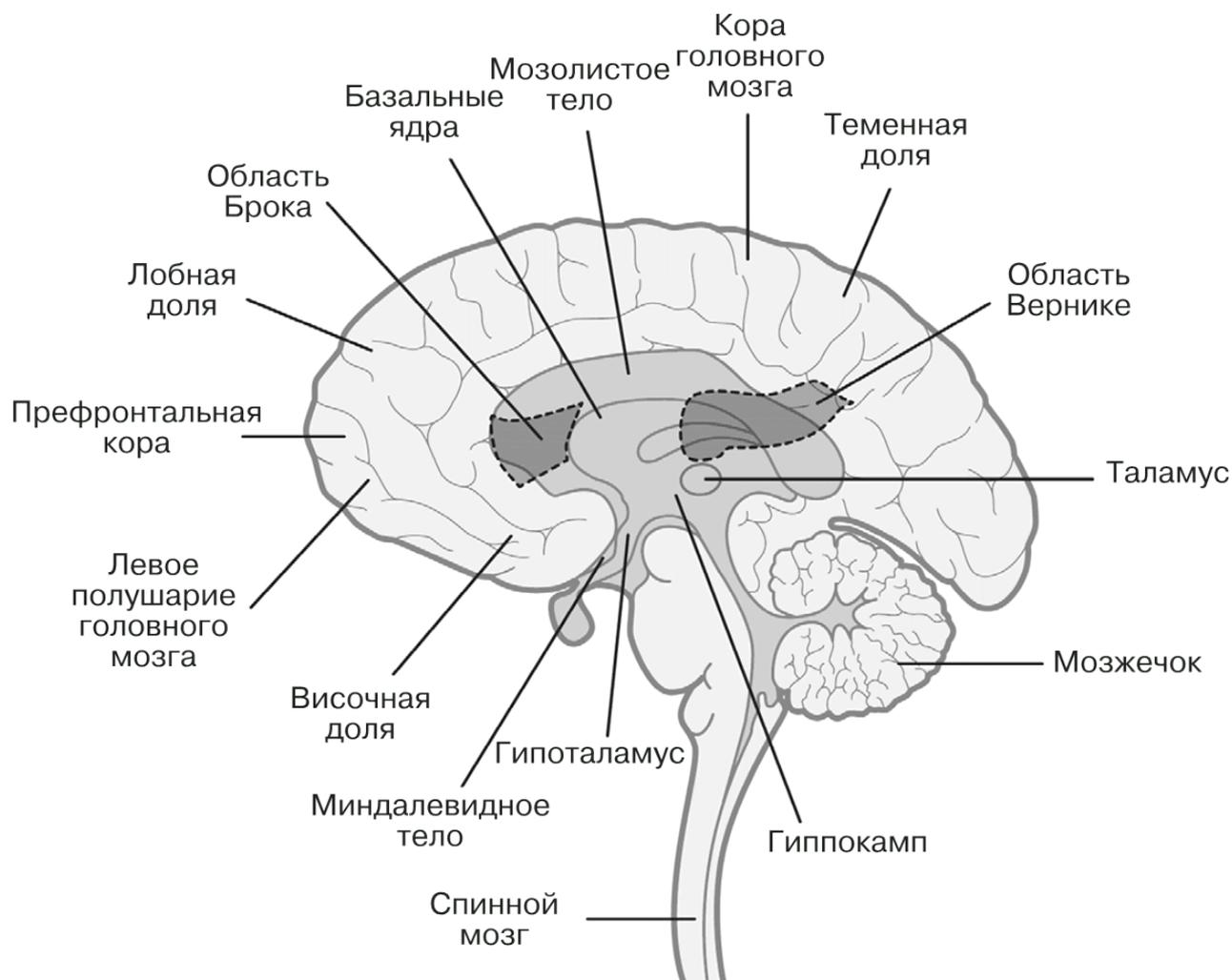


Рис. 1. Основные отделы мозга

Мозг – самая сложная из всех известных систем, которая за первый год жизни человека увеличивается втрое. Под действием нового опыта и впечатлений он постоянно меняется, но заметно это лишь на микроскопическом уровне. Благодаря одному воздействию, например обучению, количество мозговых клеток растёт¹, и мозг увеличивается, а по другим причинам клетки умирают, и возместить их невозможно. Например, это их реакция на алкоголь или даже обычный процесс старения. В среднем люди с большим мозгом живут дольше и выполняют свои функции лучше. При этом есть различия в размерах и внутри нашей популяции: у мужчин мозг примерно на 10 % больше, чем у женщин; у людей, чьи предки жили в холодном климате, мозг больше, при этом форма мозга и головы более округлая, чтобы лучше сохранять тепло. Подобные различия сглаживаются разницей «программного обеспечения»: будет ли мозг работать на максимальном уровне, зависит не только от разницы в размерах, но и от того, насколько эффективно он используется.

Вопреки распространённому мифу мы используем куда больший объём мозга, чем 10 %, однако даже современная нейробиология не может точно сказать, сколько именно и в какой момент. Все мы знаем, что можно повредить или утратить довольно большую часть мозга без потери таких функций, как язык, мышление и эмоции, которые, собственно, и делают нас людьми. Значит ли это, что, лишаясь нескольких клеток мозга то тут, то там, мы даже не замечаем этого?

Темы, связанные с мозгом и мышлением, бесконечны и безумно интересны. Кто-то с их помощью пытается лучше понять себя и окружающий мир, другие просто удивляются, насколько мозг – сложная

¹ На самом деле во взрослом состоянии появление новых нейронов существенно ограничено и возможно всего в нескольких зонах мозга. В данном случае можно говорить об изменении количества и качества связей между нейронами. – *Здесь и далее, если не указано иное, примеч. науч. ред.*

и запутанная система и сколько секретов она скрывает. Многие авторы книг о мозге пытаются рассказать, на что он способен, каких вершин можно достичь с его помощью, но наша задача была в том, чтобы, прочитав книгу, вы задумались о мозге в совершенно другом ключе. Вместо того чтобы заикливаться на всех чудесах, которые может творить мозг, мы зададимся вопросом: можем ли мы нормально прожить, не имея какой-то его части?

О чем же, в конце концов, эта книга и почему вам стоит ее читать?

Цель этой книги – пролить свет на возможности человеческого мозга в прошлом, настоящем и будущем, причем как в оптимальных условиях, так и в не совсем оптимальных, а также поразмышлять о том, что было бы без него. Здесь вы прочтете необычные теории, узнаете об очень интересных впечатлениях отдельных людей и о мнениях профессионалов. Для удобства мы разделили книгу на четыре части, и каждая посвящена определенной теме. Первая рассказывает, кто мы и как мы появились; вторая – о мозге в его обычном состоянии; третья – о том, что происходит, когда не все в мозге так, как должно быть; а в четвертой части вы прочтаете, что происходит с мозгом в течение нашей жизни и за ее пределами.

Мы задумаемся о процессе эволюции человека, зададим себе вопрос, зачем же нам вообще такой большой мозг и что отличает нас от других видов. Затем мы определим, что мозг должен уметь: начнем с базовых проблем, связанных с выживанием, и закончим вершинами, которых может достичь человеческое сознание. Для этого мы изучим данные о развитии человека на протяжении всей жизни и рассмотрим последствия повреждений головного мозга, аномального развития и дегенеративных заболеваний. Мы разберемся, что называется нормальными вариациями размера и структуры мозга у разных полов и различных групп населения и что эти вариации означают в контексте взаимосвязи между биологией мозга и интеллекта, а также других когнитивных функций. Принимая во внимание все, что известно о нормальных функциях мозга, и сравнивая эти данные с историями людей, у которых мозг функционирует только частично, мы подумаем, нужен ли нам такой большой мозг и будет ли нам в конце концов плохо, если он станет немного меньше. И в довершение всего мы заглянем в хрустальный шар и посмотрим, что же случится с мозгом в будущем, если учесть хорошее питание, образование и нормальное медицинское обслуживание, а также появится ли возможность заменить или перестроить поврежденные или стареющие клетки мозга.

Но вы не должны просто слушать, что мы говорим. Множество специалистов, изучающих мозг, поделились с нами своими идеями о том, какой мозг нам нужен, и любезно позволили познакомить вас с ними в этой книге. Только не говорите, что мы вас не предупреждали. В книге приводятся интервью с психологами, психотерапевтами, нейробиологами и с теми, кто работает с людьми, страдающими от неврологических заболеваний. Они расскажут вам невероятные вещи о мозге.

Однако мы хотим подготовить вас к небольшой когнитивной задаче и заставить вас немного поработать. Читая книгу, постоянно задавайте себе вопрос: мозг какого размера нам действительно нужен? Книга поможет вам вооружиться фактами и цифрами, вы познакомитесь с тематическими исследованиями, научными принципами и предполагаемыми сценариями развития событий, а также прочтаете интервью со специалистами. Мы вместе отправимся в путешествие из древней мглы веков в далекое будущее, увидим самые различные виды животных и побываем в разных странах. Мы подумаем над самыми разнообразными вопросами: нужно ли тренировать мозг или быть «суперэйджером»², чтобы жить дольше и лучше; стоит ли пить кофе или бегать, чтобы улучшить когнитивную деятельность; правда ли, что у женщин бывает «мамнезия»; разрушается ли мозг, если долго смотреть в экран; и, конечно, правда ли, что обезьянки-мармозетки – хорошие детективы?

ВЗГЛЯД СО СТОРОНЫ

Доктор Грэм Мюррей, преподаватель Отделения психиатрии в Кембриджском университете и психиатр, консультирующий на общественных началах в центре оказания ранней

2 От *SuperAging* (букв. перевод – «суперстарение»). – *Примеч. перев.*

психиатрической помощи САМЕО, Кембриджшир и Питерборо, Общественный фонд государственной службы здравоохранения (NHS Trust), Великобритания.

Грэм совмещает две основные роли: он одновременно и исследователь, и практикующий врач. Как нейробиолог и психиатр он с особым интересом исследует визуализацию мозга. Предмет его исследования – развитие мозга и когнитивных способностей в течение жизни человека; также в круг его интересов входит физиологическая основа психических заболеваний. Как врач-психиатр он работает в сфере «раннего вмешательства при душевных расстройствах». Это значит, что он специализируется на лечении молодых людей, кому впервые ставят диагноз «шизофрения» или другие диагнозы, связанные с психическими расстройствами. Грэм был одним из тех двух психиатров, чей разговор и подтолкнул нас к написанию этой книги, а также он участвовал в работе над проблемой, о которой идет речь.

– Итак, Грэм, расскажите нам подробнее о своем исследовании. Что вы пытались найти и зачем?

– Нам было интересно, происходит ли при шизофрении прогрессирующая нейродегенерация. Психиатров давно интересует этот вопрос, потому что у некоторых больных шизофренией с течением болезни состояние ухудшается. Я имею в виду, что чем дольше они болеют, тем хуже они справляются с когнитивными задачами. Симптомы ухудшаются, им все труднее даются повседневные дела, задействующие умственные способности. Ситуация может ухудшаться до такой степени, что они не могут жить самостоятельно и должны жить там, где им круглосуточно обеспечивают поддержку. Неизвестно, почему у некоторых больных состояние ухудшается, но уже давно существует теория, что это может быть вызвано прогрессирующей атрофией мозга.

Нам стало интересно, происходит ли у больных шизофренией снижение объема мозга с течением времени. При этом мы знаем, что у всех нас мозг уменьшается, поскольку мы стареем, поэтому нам нужно измерить скорость снижения объема мозга у людей с шизофренией по сравнению с контрольной группой, то есть с теми, у кого заболевания нет. Клинический опыт говорит о том, что шизофрения – очень непостоянное состояние, так что одни пациенты становятся инвалидами, а другие полностью выздоравливают, поэтому нам было интересно изучить варианты изменений головного мозга при этом заболевании. Отдельно мы рассмотрели вопрос, может ли лечение быть связано с ростом или сокращением потери объема мозга, а также наблюдались ли у пациентов с большими потерями симптомы или когнитивные функции, которые ухудшались со временем.

Мы проводили сканирование головного мозга у каждого пациента с интервалом примерно в девять лет. С помощью компьютеров мы посчитали степень потери объема головного мозга между двумя сканированиями. Мы обнаружили, что в среднем потери у больных шизофренией были больше, чем у контрольной группы, а степень уменьшения объема мозга соотносилась с количеством антипсихотических лекарств, которые принимали больные.

– Удивили ли вас и ваших коллег результаты? Или они совпали с вашими предположениями?

– Мы не догадывались об этом, когда только начали исследование. Многие ученые утверждали, что лекарственные препараты нейропротективны и предотвращают потери объема мозга. Однако наша работа заняла несколько лет, и к тому моменту, как мы получили результаты, другая группа ученых, из Айовы, провела похожее исследование и пришла к тем же результатам, что и мы. По сути, мы подтвердили их открытие.

– Учитывая все эти результаты, как вы думаете, что происходит у нас в мозге?

– Самое простое объяснение: медикаменты ускоряют сокращение объема мозга. Однако в исследовании, проведенном исключительно методом наблюдения, как наше, очень сложно доказать причинно-следственную связь. Возможно, что у людей с самой тяжелой степенью шизофрении были наиболее сильные темпы сокращения объема, и поэтому врачи назначали более высокие дозы лекарств. Мы знаем, что чем выше доза препарата, тем больше потери, но мы не можем сказать наверняка, были ли эти потери вызваны большим количеством лекарств или же изначально те, кому нужно было больше препаратов (то есть те, кто был болен сильнее), теряли большие объемы мозга. Другими словами, мы не можем точно различить действие препарата и воздействие болезни на мозг.

– Как вы думаете, отражается ли как-то на человеке уменьшение размеров мозга? Заметно ли это влияние? Учитываете ли вы это в своей работе?

– Мы не нашли связи между степенью сокращения объема мозга и изменениями когнитивной функции. Иначе говоря, ощутимого воздействия на умственную деятельность нет. Картина, которую мы обнаружили у больных шизофренией, отличается от классических нейродегенеративных заболеваний, таких как слабоумие. Нам кажется, что при слабоумии потеря мозга управляет клиническим течением болезни, однако при шизофрении картина не так ясна. Слишком примитивно было бы думать, что потеря объема мозга – это всегда плохой признак. При определенных обстоятельствах даже хорошо, что некоторые части мозга сжимаются. Например, при нормальном развитии в мозге ребенка содержится меньше серого вещества, чем у человека более старшего возраста (хотя количество белого вещества с возрастом, напротив, увеличивается). В ходе исследований было обнаружено, что дети, теряющие большее количество серого вещества в раннем подростковом возрасте, сильнее всего развиваются интеллектуально. Но давайте вернемся к нашему исследованию. С одной стороны, может быть тревожно от мысли, что у людей с шизофренией высокие показатели потери объема мозга, но с другой, не исключено, что эти потери – результат процесса адаптации мозга, и это может быть даже полезно.

Теперь вы, наверное, понимаете, что показатель потери объема мозга в психиатрической клинической работе в настоящее время не особо полезен, так как неясно, что все это значит. Но есть вероятность, что в будущем мы сможем использовать эти данные при уходе за больными, если поймем, о чем говорит потеря объема мозга на индивидуальном уровне.

– Как вы думаете, какой объем мозга нам необходим?

– Кажется, что большинству из нас удастся довольно неплохо справляться, несмотря на то что после тридцати наш мозг уменьшается год от года, по мере того как мы становимся старше. Это не значит, что процесс совсем безвредный: может оказаться, что в конечном итоге у нас перестанет получаться компенсировать потери, и с того момента наши умственные способности начнут постепенно снижаться. Также не стоит забывать, что речь идет не только о размере мозга, но и о том, насколько эффективно он работает. Важно и то, насколько хорошо связаны между собой различные области мозга, на достаточном ли уровне обеспечивается поток информации, а также важен баланс химических посредников в головном мозге. Итак, вероятно, в идеале нам нужен весь мозг целиком, но обычно удается приспособиться к тем небольшим изменениям, которые в нем происходят.

I

Суть вопроса

Какого размера наш мозг и имеет ли это значение?

1

Глава рода: почему у человека такой большой мозг?

Наш мозг далеко не всегда был структурой столь великолепной в своей сложности. С тех пор как мы выползли из «первичного бульона», он прошел феноменальный путь развития, но все эти изменения произошли с ним далеко не за одну ночь. На создание этого удивительного органа ушли миллиарды лет, и началось все задолго до того, как наши самые ранние предки появились на планете.

Прежде чем начать разбираться, каковы же функции нашего мозга и действительно ли он необходим нам весь, давайте сделаем шаг назад и посмотрим: почему мозг именно такой, какой он есть? Понимание процесса развития мозга поможет нам определить, какие отделы нам нужны больше (или меньше) всего и почему мы живем именно так, а не иначе. Человеческий мозг увеличивался с самого начала существования наших далеких предков и до недавнего времени, а теперь снова начал сжиматься. Как же развивался наш мозг и чем мы отличаемся от других биологических видов?

Давайте начнем с самого начала (это отличное место для старта)

Когда на Земле зародилась жизнь, мозг – в том виде, в котором мы его знаем, – не существовал. Все мы вначале были крошечными бактериями без видимого мозга и жили так миллиарды лет. Однако со временем эволюция отдавала предпочтение организмам, способным найти пищу и избежать опасности, и постепенно эти простейшие создания развились в нечто более интересное. Этому «нечто» сначала потребовались механизмы регуляции, способные управлять более сложными поведенческими процессами (а не просто реакцией на раздражители), а затем, много позже, у него появились преимущества, позволяющие лучше согласовывать свое поведение с поведением других представителей вида.

Нервная система развивалась медленно, поскольку некоторые клетки (нейроны) приспособились для передачи информации, и у них постепенно появились длинные отростки (аксоны) для взаимодействия с другими клетками в синапсах, то есть местах соприкосновения с ними. Когда такая нервная система сформировалась, мозг стал центром ее управления. Группы нейронов объединились, и получилось то, что мы сейчас называем центральной нервной системой. Она позволила обрабатывать более сложную информацию, и у животных появилась возможность эффективнее действовать и реагировать на окружающую среду.

Мозг постепенно увеличивался и совершенствовался. Если смотреть с точки зрения эволюции, то самые старые отделы мозга те, благодаря которым мы выживаем. Они контролируют различные функции: дыхание, сердцебиение, поддерживают температуру тела и равновесие. Если вы все еще живы и читаете эти строки, то вы, вероятно, догадались, что эти отделы функционируют и по сей день (больше о них вы узнаете в главе 2). Но появлялись и новые, более сложно устроенные и интересные структуры, расширяющие возможности нашего мозга, и развитие на этом не остановилось.

Со временем появилась способность учиться и запоминать, и обработка данных в нейронной сети становилась все более продуктивной. Поскольку мозг получал больше информации через органы чувств, в основном через зрение и слух, то развивался так называемый неокортекс, или новая кора (которую в дальнейшем мы будем называть просто корой). Это самая последняя пристройка к нашему мозгу, и, если говорить об умственных способностях человека, она часто считается довольно специфической структурой. Благодаря коре головного мозга возникли сложные виды деятельности, особенно социальное поведение; ее появление сделало возможным сложную жестикуляцию, осознанное мышление, способность рассуждать и в конце концов язык.

Вы наверняка знаете, что у первых млекопитающих на планете (появившихся примерно 200 млн лет назад) была лишь небольшая кора. Некоторые из них стали лазать по деревьям. Чтобы лучше ориентироваться в среде обитания и замечать движущуюся очень быстро добычу – например насекомых, – им пришлось адаптироваться к новому образу жизни: улучшить координацию движений и зрение. Такие перемены в поведении привели к расширению зрительной области коры, поскольку те, кто лучше всего адаптировался к жизни на деревьях, передавали свои генетические преимущества следующим поколениям. Установились комплексные связи между различными отделами мозга, и у млекопитающих, особенно приматов, сформировался более сложный стиль поведения.

Теперь вы видите, что мозг проделал долгий путь развития еще до появления гоминид (то есть всех разновидностей как вымерших, так и современных человекообразных обезьян, к которым относимся и мы, люди). Несмотря на то что самые ранние предки современного человека жили приблизительно 6–7 млн лет назад, несколько видов гоминид успели возникнуть и впоследствии исчезнуть до того, как появились мы, современные люди (*Homo sapiens*³). Это произошло всего-навсего 200 000 лет назад. Итак, чем же занимался питекантроп все это время и, что еще интереснее, что происходило с его мозгом?

Немного об эволюции

Прежде чем подробно рассмотреть, как мозг человекообразной обезьяны превратился в столь

³ Полное видовое название, включающее подвид, – *Homo sapiens sapiens*.

высоко ценимый сегодня мощный инструмент, давайте не будем забывать, как должна работать эволюция, теорию которой подарил нам Чарльз Дарвин, применив собственный выдающийся мозг. В книге «Происхождение видов», вышедшей в 1859 году, он называет эволюцию естественным отбором, процессом, в ходе которого организмы меняются с течением времени из-за изменений физических и поведенческих черт, наследуемых из поколения в поколение. Полезные черты, которые помогают организмам лучше приспособляться к среде обитания и благополучно в ней развиваться, увеличивают их шансы на выживание и размножение.

Многочисленные виды царства животных появились в результате эволюции, у них развились более сложные способности и усовершенствовался внешний вид. Однако стоит отметить, что процесс эволюции не обязательно происходит линейно. Изменения могут произойти в любой момент и очень поразному, и, что касается наиболее полезных, развитие может отклониться в сторону. Таким образом, возникает совершенно новый биологический вид, который не будет просто усовершенствованием старого. К примеру, хотя мы знаем, что являемся близкими родственниками других приматов, и часто самодовольно мним себя более продвинутой их версией, это не повод считать, что современный человек – эволюционировавшая обезьяна. Мы знаем, что множество видов обезьян и по сей день живут и здравствуют. При этом у современных обезьян и современных людей существовал общий предок, от которого развитие шло по разным веткам, далеким друг от друга.

Чтобы оценить, как человеческий мозг эволюционировал со времен далеких предков, нам потребуются доказательные данные. К сожалению, в мире не так много примеров доисторического мозга, чтобы можно было его вскрыть, внимательно изучить и узнать, как же он стал таким, каков есть сейчас. Мозг многим хорош, но умение превращаться в окаменелость – не самая сильная его сторона. А вот череп – защита, которая всегда при нем, – гораздо лучше фоссилизуется. Эта окаменелость с радостью отдает себя в руки исследователей, которые оценивают ее размеры и форму, чтобы определить, какие изменения произошли с черепом с течением времени. Еще древние артефакты показывают, когда именно появились первые люди, и это помогает предположить, на что был способен их мозг. Кроме того, если понять, какими функциями и способностями, необходимыми для выживания, размножения и образа жизни наших предков, обладал мозг, мы можем попытаться выяснить, какие именно с ним произошли изменения. Важно отметить, что многие теории развития мозга, основанные на доказательствах, полученных при осмотре окаменелостей, подлежат обсуждению и при этом регулярно появляются новые. И хотя невозможно определить четкий путь развития мозга, изучая черепные коробки разных видов гоминид, можно точно сказать, что наш мозг со временем увеличился в размерах и изменил форму.

Каким был наш мозг в глубине веков?

Правда ли, что наш мозг на самом деле так сильно изменился с тех пор, как наши предки стали ходить на двух ногах? Одним из самых ранних видов представителей человечества считается чадский сахелянтроп (*Sahelanthropus tchadensis*), живший примерно 6 или 7 млн лет назад. Окаменелые останки были найдены относительно недавно, в 2001 году. Поскольку обнаружены были только фрагменты черепа, то о размерах можно лишь догадываться, но считается, что размер черепа, а следовательно, и мозга этого вида был несколько меньше, чем у современных шимпанзе. Для большей наглядности можно сказать, что у шимпанзе мозг примерно в три с половиной раза меньше, чем у современного человека. И пусть мы знаем, что найдены были фрагменты лишь одной окаменелости, это все равно указывает на то, что мозг со временем значительно увеличился. И все-таки чтобы доказать свою точку зрения, вероятно, нам потребуется немного больше информации о том, что же происходило на протяжении последних нескольких миллионов лет.

Позже в ходе эволюции появилась разновидность, названная австралопитеком (*Australopithecus*), сочетающая в себе особенности и обезьяны, и современного человека. Австралопитеки были двуногими и прямоходящими, при этом с длинными руками и достаточно цепкими пальцами, что позволяло им отлично лазать по деревьям. Считается, что эти черты помогли данному виду выживать и успешно развиваться во время изменения климата и окружающей среды, поскольку его представители могли одинаково жить как на деревьях, так и на земле. Хорошо известна жившая примерно 3,2 млн лет назад

представительница афарских австралопитеков (*Australopithecus afarensis*) Люси.

Сидя на дереве на территории современной Эфиопии и размышляя, где бы найти еду, Люси и представить себе не могла, что однажды станет чуть ли не самым известным представителем своего вида. По крайней мере, самым известным среди окаменелых останков. Ее скелет, обнаруженный в 1974 году, в корне изменил представление о происхождении человека. Он был не только самым древним среди окаменелостей, найденных на тот момент, но еще и самым полным, что привлекло внимание широкой публики. Посмотрев на скелет Люси, люди могли представить себе небольшое человекообразное существо, жившее на одной с ними планете всего за несколько миллионов лет до их появления, и этот факт всех очень удивил.

Способность перемещаться одновременно по земле и по деревьям должна была означать изменения в мозге Люси и ее современников. Информация, обрабатываемая их мозгом, и команды, посылаемые телу, были, по-видимому, гораздо сложнее, чем у более ранних видов, а значит, требовали усовершенствования мыслительного аппарата. Изначально, несмотря на то что мозг наших далеких предков был сравним по размеру с мозгом современных обезьян, в строении имелись небольшие различия, потому что кора уже начала увеличиваться, а значит, развивались высшие функции.

В то время как у представителя другой ветки нашего семейного дерева, парантропа (*Paranthropus*), наблюдаются незначительные изменения в размере мозга, до появления рода *Homo* (*Homo*) никаких серьезных преобразований в мозге обнаружено не было.

Отличительные особенности рода *Homo*, самым современным видом которого является человек, были определены в 1955 году: прямохождение, вертикальное положение тела и способность делать инструменты из камня. Первым в этом роде был *Homo habilis*, или человек умелый, получивший свое прозвище за умение изготавливать инструменты. У представителей этого вида, жившего 1,4–2,4 млн лет назад, черепная коробка была вполовину меньше, чем у современного человека (600 см³). Это примерно на 50 % больше, чем у любого австралопитека. Некоторые исследователи считают, что человек умелый – всего лишь разновидность следующего вида гоминид, человека прямоходящего (*Homo erectus*), а не отдельный вид. Но в любом случае у представителей нового рода имелись изменения в структуре мозга. Примеры останков *Homo habilis* показывают, что его мозг был более развит, кроме того, в нем произошло увеличение отдела, связанного с речью, – центра Брока. Это говорит о том, что представители данного вида общались друг с другом, хотя мы и не знаем, существовал ли у них тогда язык в современном понимании этого явления.

По оценкам, размер мозга представителей вида *Homo erectus* был 900 см³, то есть значительно больше, чем у его предшественника *Homo habilis*, хотя и ему было еще далеко до мозга современного человека.

Наши предки научились создавать и использовать инструменты, что позволило им разнообразить рацион и получать больше энергии из пищи, а после того, как они научились готовить мясо на огне, смогли получать еще больше питательных веществ. Они увидели, что приготовленное мясо дает гораздо больше калорий, чем сырое, поскольку его легче жевать и переваривать. При этом его нужно гораздо меньше, чтобы получить то же самое количество энергии. Это значит, что нашим далеким предкам перестал быть нужен такой большой кишечник (которому требовалось много сил при переваривании пищи), и со временем эта часть организма стала меньше, высвободив энергию для увеличения мозга. У современного человека размер кишечника значительно меньше того, что был у других высших приматов (примерно 60 % от объема). Однако большой мозг требует больше энергии. Значит, наш рацион должен стать более питательным, чтобы давать необходимое для эффективного существования топливо. Приматолог Ричард Рэнгем из Гарвардского университета считает, что человеческий организм стал адаптироваться к приготовленной пище 1,9 млн лет назад. По мнению ученого, это был ключевой переломный момент, когда мы разошлись в развитии с другими приматами.

Когда появился современный человек (*Homo sapiens*), он был не один. Параллельно с ним жили и другие виды гоминид, такие как неандерталец (*Homo neanderthalensis*) и гейдельбергский человек (*Homo heidelbergensis*), которые впоследствии исчезли. (Несмотря на то что эти виды уже обитали на Земле в течение нескольких тысяч лет, они продолжали свое существование какое-то время в эпоху *Homo sapiens*.) Интересно, что неандертальцы были меньше ростом и коренастее современного человека, однако их мозг был таким же большим по размеру, а иногда и больше, чем у нас. Хотя

по форме он немного отличался: был более удлинённым. Исследователи отмечают: современные люди, как неандертальцы в свое время, рождаются с относительно вытянутым черепом, но только у людей впоследствии череп приобретает сферическую форму. Ученые предполагают, что современный человеческий мозг развивается после рождения совсем не так, как у неандертальцев. Если принимать во внимание эту разницу формы черепа, следует допустить, что должны быть и когнитивные различия, которые отличают современных людей.

Больше, больше, больше...

Со времен наших далеких предков мозг увеличился в размерах примерно в три раза, и скорость, с которой он рос, все время менялась. Изменения в ходе эволюции, приведшие к появлению современного человека, проходили относительно медленно, если сравнивать со скоростью, с которой человек стал таким прекрасным, каким мы знаем его сейчас.

Самые первые изменения заняли миллионы лет, и всего каких-то 800 000–200 000 лет назад мозг стал довольно быстро расти. Считается, что подобные быстрые изменения связаны с резкими переменами окружающей среды в те времена. Сильно менялся климат, происходили перепады от влажного до очень сухого, условия окружающей среды были непредсказуемы. Есть мнение, что наличие более крупного и развитого мозга было преимуществом для вида, пытающегося подстроиться под резкие изменения среды и вынужденного приспосабливаться то к периодам голода, то к изобилию. Вероятно, представители вида, которые смогли пережить природные катаклизмы, в итоге и адаптировались. Они стали вести себя по-другому, чтобы выжить в новых условиях. Это говорит о том, что у мозга уже была способность решать проблемы. Например, его обладатели могли изменить тактику поиска пищи или укрытия. Также это свидетельствует о том, что у них была лучше развита память, они уже могли запоминать и распознавать признаки пищи или места, где есть вероятность ее найти, а также убежища на их территории обитания и за ее пределами.

Может быть, эти люди умели находить общий язык, а также вместе работать, чтобы выживать. А может, их мозг лучше управлял автоматическими функциями организма, такими как регуляция температуры тела, и, следовательно, они физически были более способны выжить. Безусловно, они могли воспроизводить и выращивать потомство, передавая по наследству черты, дающие им эти преимущества. В конце концов, именно это и есть эволюция. Существует много возможных теорий о том, какие именно полезные черты обеспечили превосходство успешно выжившим представителям вида.

Мы пока не знаем, почему мозг древних людей начал увеличиваться в размерах, однако мы видим по мере развития вида явные сдвиги, причем не только в физической форме, но и в способностях. Все время наш мозг рос, тело развивалось, и по мере этого мы становились выше и теряли волосяной покров. По сравнению с более ранними предками и современными братьями у современного человека был более легкий и тонкий скелет и очень большой мозг, заключенный в тонкостенный череп. Черты лица становились изящнее, а размер зубов уменьшался. Все это происходило благодаря тому, что менялась жизнь, и анатомически организм развивался с течением времени так, чтобы лучше соответствовать нашим потребностям. Нам меньше приходилось лазать по горам и защищаться, поэтому физическая сила была уже не так необходима. Однако мы стали лучше приспосабливаться к жизни на земле, строить убежища и ладить с соседями (это в конце концов привело к тому, что мы стали устраивать шашлыки и приглашать гостей на утренний кофе). Челюсти и зубы уменьшились, когда мы изобрели инструменты, заменяющие их, например, для резки мяса. Мы начали готовить пищу, и нам стало легче ее жевать. Челюсти стали занимать меньший процент объема головы, и в черепе образовалось больше места.

В конце концов настали времена, когда нашим предкам можно было не только думать о выживании, но и заботиться о собственных способностях и интересах.

Жизнь древних людей изменилась, они научились лучше использовать окружающую среду, и им стало легче выживать. Еще они научились делать и использовать инструменты, что, в свою очередь, позволило им придумать много других полезных вещей, а также они стали использовать огонь для обжаривания и приготовления пищи. По мере развития когнитивных способностей первые люди

адаптировались к жизни в группах, вероятно, стали лучше общаться друг с другом, договариваться и создавать социальный строй. Инструменты, одежда и другие предметы, созданные человеком, становились все более изощренными, требующими для взаимодействия с ними мелкой моторики и мыслительных процессов. Найдены артефакты, подтверждающие, что древний *Homo sapiens* мастерил более продвинутые инструменты, чем другие виды гоминид, живущие в то же время. Ему же приписывают создание искусства, например тех картин, что мы видим в пещерах. Мозг постепенно развивался, происходили и другие изменения к лучшему: человек одомашнил животных, начал вести сельское хозяйство, придумал транспорт и торговлю, построил сложные системы общественного устройства – и все это благодаря развитию сложного мозга.

Как видите, мозг не просто становился больше, у него появлялись новые возможности, и в основном это касалось областей, которые оказались наиболее полезными. Пока неясно: новые способности появлялись в ходе эволюции в результате изменений в мозге или же мозг менялся в ответ на потребность в новых способностях. Однако по мере развития мозга не только улучшились когнитивные способности, но и изменились его основные функции. Есть вероятность, что одни области мозга становились более важными и росли (на протяжении многих поколений) за счет частей, которые становились менее значимыми. Области мозга, отвечающие, скажем, за агрессию и более примитивные способности, больше не были так хорошо развиты. У тех, кому достались меньшие по размеру области, отвечающие за эти функции, освободилось больше пространства в мозге и больше энергии, так что они смогли раскрыть в себе сложные когнитивные способности и заняться тем, для чего нужна мелкая моторика. Именно эти способности позволили им выжить и продолжить свой род. Люди, способные общаться и договариваться, делать инструменты для того, чтобы охотиться, защищаться или создавать с их помощью другие предметы, имели преимущество над примитивными представителями вида и выживали с большей вероятностью.

...Хлоп! Пузырь лопнул

Все хорошее рано или поздно заканчивается. Человеческий мозг в том виде, в котором мы его знаем сейчас, образовался по меньшей мере 200 000 лет назад. Именно тогда он перестал увеличиваться, достигнув в конечном итоге огромного размера – 1500 см³. Вероятно, вы думаете, что с тех пор все стало просто замечательно и он спокойно себе дрейфовал до наших дней. Однако это не так. Мы 190 000 лет наслаждались физиологическим покоем – откуда нам было знать, что положение вещей вот-вот изменится. Наш мозг начал сжиматься. Как биологический вид мы потеряли примерно 100–150 см³ мозга от его рекордной величины. Эти потери сравнимы по размеру с теннисным мячиком. Мозг серьезно уменьшился относительно размера тела, и это произошло в последние 10 000–15 000 лет. Но почему это произошло? Может, потому, что мозг адаптируется к изменениям образа жизни и больше он не должен был оставаться таким большим? Или так он лучше обрабатывает информацию (вспомните, какими огромными были первые мобильные телефоны, и сравните их с тонкими и мощными современными моделями)?

Джон Хоукс, палеоантрополог из Висконсинского университета в Мэдисоне, считает, что сокращение размера мозга, безусловно, признак того, что мы стали более интеллектуальными существами. Большой мозг тратит много энергии, а небольшой работает со значительной отдачей и мощностью, требует при этом меньше энергии, а когнитивные способности у него выше. Однако есть люди, предполагающие, что мозг мог бы быть гораздо мощнее, будь он больше по размеру. Майкл Хофман из Нидерландского института нейробиологии утверждает, что мозг достиг бы пика развития способностей при размере 3500 см³, что соответствовало бы двум или трем объемам мозга современного человека. Он предполагает, что чем сильнее мозг превысил бы критические размеры, тем менее эффективным он бы стал, а потом и вовсе перестали бы происходить какие-либо улучшения когнитивной работы. То есть, по крайней мере согласно теории Хофмана, мозг должен был продолжать расти.

Но что же тогда произошло с нами? Вероятно, развитие пошло на спад, когда жизнь наша изменилась и мы перестали использовать все функции мозга; сработал принцип «используй или потеряешь». Некоторые исследователи считают, что усадка мозга является признаком упадка вида

с точки зрения когнитивных способностей.

Исследователи из Миссурийского университета изучили, как менялся размер черепа по мере того, как *Homo sapiens* адаптировался к более сложной социальной среде. Они обнаружили, что, пока численность населения по всему миру была низкой, череп рос, однако плотность населения увеличивалась, а размер черепа становился все меньше. Они пришли к выводу, что с появлением сложных социальных структур людям стало необязательно быть настолько разумными, чтобы выжить, поэтому мозг начал уменьшаться в размерах. Прежде менее разумные (или хуже приспособленные) люди умерли бы раньше или, по крайней мере, не смогли бы найти себе спутника жизни и передать свое генетическое наследие. Однако считается, что в сложно организованных сообществах люди могут поддерживать друг друга, разбавляя таким образом интеллектуальные способности вида в целом. Есть версия: чтобы интеллект развивался постоянно, мы должны быть менее любезны друг с другом. Общество должно быть структурировано таким образом, чтобы обладатели менее благоприятных черт не успевали произвести потомство или даже найти себе пару, умирая раньше. А это никуда не годится.

Крис Стрингер, палеоантрополог из лондонского Музея естествознания, связывает уменьшение объема мозга человека с тем, что в последние 10 000 лет человек в целом уменьшился. Вероятно, в связи с потеплением климата нам уже не нужно быть такими грузными и массивными. Кроме того, он считает, что большой мозг требует больше энергии на поддержание жизненных сил, а это не всегда нужно. По мнению ученого, многим из нас вполне достаточно мозга меньшего размера, потому что уже нет необходимости хранить такой большой объем информации. У нас для этого есть компьютеры и другие устройства, а у предыдущих поколений были книги, песни и устная словесность. Стрингер описывает это явление как эффект одомашнивания. У домашних животных мозг меньше, чем у их диких собратьев, потому что им не нужно думать об охоте или защите, и точно так же наш мозг теряет силу по мере того, как мы становимся все более «домашними».

Для того чтобы понять причину «усушки» мозга, нужно определить, уменьшался ли мозг целиком или только какие-то отдельные его части сжимались, поскольку стали не так важны. Китайские ученые обнаружили, что да, в течение последних нескольких тысяч лет мозг сжимается, однако не весь. У них есть данные, свидетельствующие о том, что одна часть до сих пор продолжает увеличиваться в размерах, и это лобные доли. Эта область отвечает за множество функций: двигательные навыки, решение задач, способность рассуждать, язык, память, настроение и эмоции, социальное поведение и многие другие.

Итак, уменьшается ли мозг до сих пор и продолжает ли менять форму? Может, какие-то области растут, а другие сжимаются? Крис Стрингер очень хорошо резюмировал: вероятно, современный человеческий мозг в некоторых отношениях лучше, а в некоторых – хуже, но в целом он более восприимчивый. В зависимости от того, какая теория вам больше нравится, мозг уже миновал лучшую пору развития или находится в процессе усложнения и специализации.

Мы особенные?

Независимо от того, переживает ли наш мозг период упадка или находится на подъеме, мы такие, какие есть, и нам стоит использовать это состояние наилучшим образом. Средний мозг современного взрослого человека весит около 1,3 кг. Несмотря на то что на него приходится около 2 % общего веса, потребляет он при этом колоссальное для такого размера количество энергии – 20 % всех энергетических ресурсов, поскольку нейроны нуждаются в пище и метаболические потребности высоки. Но в чем же особенность нашего мозга? Как-то друг спросил меня: «Моя кошка производит впечатление довольно умного существа, притом что мозг у нее совсем небольшой. Какие же у меня, имеющего такой большой мозг, преимущества?» Хороший вопрос. Неужели вся эта суета и большое количество энергии, затрачиваемое на рост мозга, действительно стоит того?

Люди – лишь один из нескольких видов приматов. Наши ближайшие ныне живущие родственники – шимпанзе, у нас с ними совпадает почти 99 % нуклеотидной последовательности ДНК. Однако, как мы уже говорили ранее, наш мозг в три с половиной раза больше, чем у шимпанзе. У горилл и орангутанов размер тела примерно такой же, как у человека, размер мозга у них при этом составляет всего лишь треть от нашего.

У нас довольно много общих черт с нашими родственниками, человекообразными обезьянами. У всех приматов одинаковое расположение и внешних частей тела, и внутренних органов, одинаковая структура костей; у всех нас глаза расположены близко друг к другу и находятся на передней части лица, что обеспечивает прекрасное зрение. Приматы во многом полагаются на зрение, обоняние развито у нас по сравнению с другими млекопитающими плохо. Мы научились очень хорошо действовать руками и ногами, умеем обращаться с различными предметами, и, как правило, у нас рождается небольшое количество потомства. Но, несмотря на все это, люди разительно отличаются от обезьян.

Пока невозможно объяснить, какие именно эволюционные изменения привели к развитию у нас уникальных поведенческих способностей, это остается научной проблемой. Но есть вероятность, что какая-то связь между большим размером мозга и высоким интеллектом существует. В конце концов, мозг большого размера кажется довольно важным элементом, необходимым для работы организма. Исследование плотоядных млекопитающих зоопарка показало, что размер мозга напрямую указывает на способность животного решать задачи, то есть чем больше мозг, тем лучше животное справляется с проблемой. Но маловероятно, что размер – это единственная отличительная черта человеческого мозга: у слонов и китов, например, мозг значительно больше, чем человеческий, однако ни те ни другие пока не научились делать сложные операции на сердце или строить космические ракеты.

В XIX веке ученые увлекались изучением мозга выдающихся людей, чтобы узнать, связан ли их успех с тем, что их мозг был большего размера. Известно, что якобы у поэта лорда Байрона и лорда-протектора Англии, Шотландии и Ирландии Оливера Кромвеля мозг был очень большой. Однако исследователи того времени обнаружили колоссальные колебания размеров мозга среди выдающихся ученых и людей науки (у многих мозг действительно был непревзойденных размеров). Таким образом, существует несоответствие между уникальными познавательными способностями человека и необъяснимым объемом его мозга, если проводить сравнение с животными гораздо большего размера.

Размер человеческого мозга должен иметь какое-то значение, иначе зачем бы он развивался в ходе эволюции в течение миллионов лет? Однако не только от общего размера зависят способности нашего вида. Итак, если размер не главное, может, структура мозга имеет большее значение?

Может, состав мозга важнее всего?

Известно, что Эркуль Пуаро, герой Агаты Кристи, приписывал свой успех в борьбе с преступностью «серым клеточкам». Предположительно, он имел в виду значение серого вещества в его мозге для интеллектуальной деятельности. Но прав ли он был в своей непреклонной вере? Серое ли вещество отличает нас от других биологических видов? В конце концов, знаете ли вы хоть одно детективное агентство, возглавляемое мармозеткой?

Мозг состоит из двух видов тканей: серого вещества и белого вещества, это видно невооруженным глазом. Серое вещество кишит нейронами и синапсами и с давних пор считается необходимым для интеллектуальной деятельности. Оно в значительной степени привязано к тонкой наружной поверхности мозга, известной как кора. Кроме того, серое вещество состоит из других клеток, образующих нейроглию. Эта ткань служит физическим основанием и обеспечивает поступление полезных питательных веществ. Белое вещество находится глубоко внутри мозга и состоит из пучков аксонов, называемых трактами. Аксоны покрыты миелиновой оболочкой, это значит, что они завернуты в жир, работающий изолятором для того, чтобы помочь быстро передавать электрические сигналы между удаленными друг от друга областями мозга, а также от головного мозга к спинному, чтобы соединить мозг с нервной системой остальной части тела. Белое вещество выглядит белым из-за высокого содержания жира. В сущности, серое вещество обрабатывает информацию, а белое вещество передает ее в области серого вещества и из них, за что его иногда называют «магистралью» мозга.

В последнее время ученые разрабатывают все новые методы для изучения белого вещества у живых людей. Исследователи начали понимать, что оно играет крайне важную роль для всех видов интеллектуальной деятельности. Различные области мозга взаимодействуют друг с другом, им нужно оперативно передавать информацию между собой, это жизненно необходимо, и белое вещество играет здесь решающую роль. Самое большое количество серого вещества наблюдается в подростковом возрасте, а затем оно сокращается. Белое вещество продолжает развиваться и после двадцати и даже,

возможно, после тридцати лет. При этом есть версия, что оно меняет структуру в ответ на новый опыт обучения.

По мере увеличения размера мозга млекопитающих разных видов белого вещества становится пропорционально больше, чем серого. У людей белое вещество составляет около 35 % от общего объема мозга, и это наибольший процент среди приматов. (Интересно, что у мармозеток, или карликовых игрунок, эта цифра составляет всего около 9 %, может быть, именно поэтому они все еще не выбились в руководители детективных агентств.)

Теперь, когда мы лучше понимаем важность белого вещества, мы можем объяснить, почему крупные млекопитающие умнее. Но я уже слышу возглас: «Этого не может быть! Собаки/свиньи/крысы – очень умные существа, но не такие уж они и большие. И в любом случае мы снова вернулись к мысли, что больше значит лучше, а мы уже отказались от этой идеи». Совершенно верно. Наверняка ответ гораздо сложнее, чем просто количество белого вещества в мозге.

Вероятно, в ходе эволюции человека увеличились и размер мозга, и количество нейронов. При этом тело выросло незначительно по сравнению с другими приматами; размер их тел сильно увеличился по мере того, как мы разными путями развивались от общего предка. Возможно, что пока эволюция работала над увеличением мозга человека (и его ранних предков из рода *Homo*), у других человекообразных обезьян росло тело. Бразильский нейробиолог Сюзана Херкулано-Хузел считает, что с точки зрения обмена веществ невозможно иметь одновременно и большой мозг, и большую массу тела.

Зависимость между размером мозга и размером тела не такая уж простая, как может показаться. Чем больше по размеру становились животные, тем медленнее продолжал расти их мозг. Показатель, который мы называем коэффициентом энцефализации (EQ), демонстрирует относительный размер мозга, определяющийся как отношение массы мозга к предполагаемой массе тела млекопитающего определенного размера (на рис. 2 наглядно представлена эта идея). Предполагаемое значение рассчитывается как среднее для похожих животных. Чем больше значение, тем больше предполагаемый размер мозга и – гипотетически – тем интеллектуальнее биологический вид. Если использовать этот подход, то человек рассматривается как особый случай, поскольку мозг у него в семь раз больше, чем можно предположить для млекопитающих такого размера, и примерно в три раза больше, чем положено иметь приматам для их массы тела. Даже у наших ранних предков, у которых размер мозга был значительно меньше, чем у нас сейчас, скорее всего, был более высокий коэффициент энцефализации, чем у современных шимпанзе. (Хотя стоит отметить, что показатель шимпанзе на самом деле гораздо ниже по сравнению с другими животными. У различных видов дельфинов, например, это значение гораздо выше. Кто умнее, шимпанзе или дельфины, – это тема совсем другого разговора.)

Анализ коэффициентов энцефализации нескольких биологических видов показал, что в ходе эволюции и у травоядных, и у плотоядных мозг постоянно увеличивался в размерах, но на каждом этапе развития плотоядные всегда были впереди. У хищников коэффициент энцефализации, как правило, выше, чем у их добычи. Было предположение, что хищникам для нормального функционирования их организма нужен больший мозг, и по мере увеличения мозга травоядных мозг хищных животных эволюционировал еще больше для поддержания дифференциала. Помимо этого, согласно мнению палеонтолога и эволюционного биолога Стивена Джея Гулда, приматы были впереди с самого начала. Однако почему это так, остается предметом дискуссий.

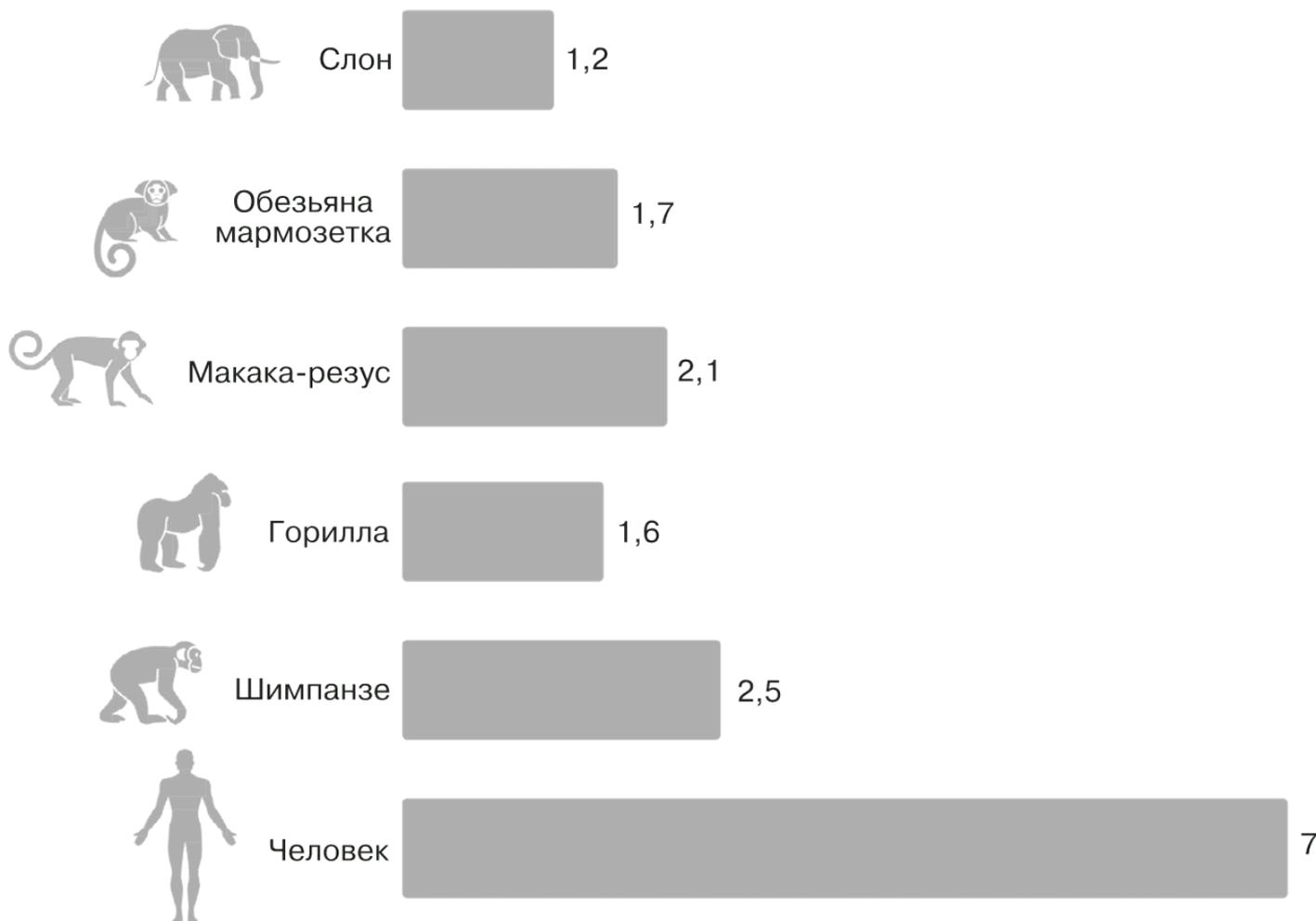


Рис. 2. Коэффициент энцефализации (EQ)

Теоретически наличие большего мозга позволило бы виду выполнять больше функций. И в случаях, когда размер мозга больше относительно размера тела, люди с «избытком» могли бы выполнять более сложные задачи. Тем не менее коэффициент энцефализации – тоже не абсолютный показатель. Есть, например, капуцины, у которых коэффициент выше, однако по своим когнитивным способностям они не превосходят виды с более низким коэффициентом, например гориллу. У подхода, основанного на коэффициенте энцефализации, как и у многих других, тоже есть свои недостатки. Скажем, он не учитывает такие факторы, как плотность и количество нейронов, толщина коры или степень складчатости мозга. При этом все они могут влиять на интеллект. Интересно, что если измерять познавательные способности, учитывая только коэффициент энцефализации, то Альберт Эйнштейн оказался бы на одном уровне с дельфинами, то есть его EQ значительно ниже, чем у среднего человека! По-видимому, емкость его черепа изначально была меньше средней. Однако, когда ученые внимательно изучили его мозг, они обнаружили, что кора была тоньше, чем в среднем у человека, а вот плотность нейронов – выше. Другими словами, больше нейронов уместилось в меньшем пространстве. Поэтому есть вероятность, что количество нейронов в мозге может иметь какое-то отношение к интеллекту вида.

Человеческий мозг содержит примерно 86 млрд нейронов. Преимущества человека в плане познавательных способностей могут заключаться в общем количестве нейронов, потому что у нас их больше, чем у любого другого животного⁴. Согласно мнению Херкулано-Хузел и ее коллег, не размер мозга, а количество нейронов накладывает ограничения на вычисление размеров мозга в ходе эволюции, связанные с метаболизмом: для метаболизма людей с большим количеством нейронов требуется больше

⁴ По современным данным, мозг слона может содержать до 257 млрд нейронов. См.: *Herculano-Houzel S., Avelino-de-Souza K., Neves K., Porfírio J., Messeder D., Mattos Feijó L., Maldonado J., Manger PR* (2014). The Elephant Brain in Numbers // *Frontiers in Neuroanatomy*. 8: 46. doi:10.3389/fnana.2014.00046.

энергии для поддержания эффективной работы мозга. Считается, что у австралопитеков (*Australopithecus*) и парантропов (*Paranthropus*) было такое же количество нейронов, как у больших обезьян (около 27–35 млрд). У группы *Homo*, на момент появления человека прямоходящего (*Homo erectus*), их количество выросло до 62 млрд. Также есть предположение, что значительное увеличение количества нейронов произошло между появлением человека прямоходящего (*Homo erectus*) и человека разумного (*Homo sapiens*), что, вероятно, случилось благодаря использованию огня для приготовления пищи. Это позволило увеличить потребление калорий, появилась возможность «накормить» мозг быстрее, а нейроны получили время на более продвинутые занятия.

Однако если количество нейронов рассматривать по отношению к размеру мозга, то ничего исключительного в людях нет. Количество нейронов, которое есть у нас, вполне ожидаемо, если сравнить человека с другими приматами. У нас такая же плотность нейронов, как у наших братьев приматов, но поскольку мозг у нас больше, то и нейронов больше. Может быть, значение имеет только общее количество нейронов. Да, у нас их столько, сколько можно ожидать исходя из размера, но это самое большое число, такого нет ни у кого из животных на Земле.

Мозг – мощнейший аппарат, результат длительного формирования. С течением времени кора сильно разрасталась, но ее ограничивал череп, который рос медленнее. Решением проблемы стала возможность создания извилин, чтобы уместить большую площадь и продолжать расширяться. Вот почему наш мозг такой морщинистый и больше похож на большой мягкий грецкий орех, а не на фундук. Исследования показали, что с развитием коры появляется и больше складок, и связанность возрастает, так что мозг становится меньше и работает быстрее, чем было бы возможно в ином случае. У разных видов млекопитающих кора становится более складчатой по мере увеличения размера. Другими словами, чем больше животное, тем более извилистая у него кора. В человеческом мозге больше всего коры относительно размеров черепной коробки (где-то между 75,5 % и 84 %), однако другие животные ненамного отстают: у шимпанзе это 73 %, у лошади 74,5 %, а у короткоплавниковой гринды (вид дельфинов) – 73,4 %. Опять же вряд ли это объясняет уникальные способности человека.

Есть и другие исследования, разгадывающие тайны эволюции человеческого мозга на микроуровне. Вполне вероятно, что уникальность человека заключается в сочетании изложенных здесь факторов. Тем не менее у ученых все еще остались способы прийти к окончательному мнению, что же именно отличает нас от других видов. Независимо от причин, нельзя не согласиться, что люди обладают исключительными способностями и выделяются среди других представителей животного царства (подробнее об этом в главе 2), и в конечном счете это должно объясняться различиями в мозге.

Никто не идеален

Относительно большой «котелок» дал нам ряд уникальных качеств, отличающих нас от других видов, в том числе врожденное самодовольство. Но в жизни не все так прекрасно. У всего есть недостатки, и большой мозг не является исключением. Есть минусы и от обладания большим мозгом.

Прежде всего, и что очень важно, наличие большого мозга предполагает большой череп, вмещающий его. В ходе эволюции люди стали прямоходящими, а человеческий таз – уже, чтобы было легче ходить. В свою очередь это означало меньшее пространство для головы ребенка. Многие из нас не слишком хорошо представляют, насколько велик человеческий череп относительно размера нашего тела в момент, когда мы должны вытолкнуть его из гораздо меньшего отверстия во время родов... (На самом деле процесс родов у человека проходит сложнее, чем у других видов, и он намного более рискованный. Самки других приматов могут протянуть руку и помочь своим потомкам появиться на свет, направляя их из родовых путей и очищая от слизи рот и нос. Человеческие матери не могут оказать аналогичную помощь, учитывая то, как их дети обычно выходят из утробы.)

Для того чтобы у человека в зрелом возрасте был такой большой мозг, мы вынуждены рожать детей на более ранней стадии их развития. Человеческий детеныш приходит в этот мир примерно на шесть месяцев раньше, чем потомство других млекопитающих, причем с мозгом, развитым примерно на 25 % от его размера во взрослом возрасте. У шимпанзе мозг детеныша развит примерно на 50 %, а у других приматов – на 75 %. Наши дети рождаются с головой, полной несросших костных пластин, которые как бы скользят одна по другой, чтобы голова легче проходила через родовые пути. А затем

мозг начинает быстро развиваться в первые пару лет, до тех пор, пока кости окончательно не срастутся. Это гениально, потому что основная фаза развития мозга проходит за пределами утробы, значит, мозг меньше ограничен и получает больше раздражений от окружающей среды, предлагающей больше возможностей познания. Другие животные лишены этого. Однако это означает, что наше потомство уязвимо и беспомощно. Вспомните других новорожденных млекопитающих, например жеребят и ягнят. Они в считанные минуты встают на ноги и начинают ходить. По сравнению с ними наши малыши не могут ходить еще несколько месяцев и, конечно, не в состоянии ни прокормить себя, ни позаботиться о себе в течение многих лет. Родившись на таком раннем этапе развития, человеческие младенцы гораздо больше зависят от родительской поддержки, чем другие животные. Если говорить с точки зрения выживания, то все время, пока взрослые заботятся о своем потомстве, они потребляют топливо, но у них нет времени на поиск пищи, строительство жилья, дальнейшее производство потомства и так далее. Это неэффективно, и другие животные побеждают нас на раз-два с точки зрения производства и воспитания большого количества здоровых потомков, чтобы передать им генетическое наследие.

Еще одним недостатком человеческого мозга является то, что он потребляет энергию, как будто делает это в последний раз. Пятая часть необходимых нам для существования калорий сжигается мозгом, который намного выше по развитию, чем у других животных. Считается, что это всё нейроны, именно они используют столько энергии. За это приходится платить: люди должны тратить больше времени на поиски пищи, хотя кажется, что мы научились готовить и это позволило нам быстрее, чем другим биологическим видам, обеспечивать себя питанием, при этом мы смогли освободить время для других занятий. Тем не менее исследования показывают, что увеличение мозга в ходе эволюции и, следовательно, перенос большего количества энергии на эту часть тела невыгодно сказались в другой области. Некоторые исследователи считают, что с течением времени уменьшилась физическая сила, поскольку скелетная мускулатура стала потреблять меньше энергии. Они предполагают, что мозг человека и скелетные мышцы согласованы, и доступная потребляемая энергия постоянно балансирует между этими системами.

По сравнению с другими видами люди живут дольше, и сейчас продолжительность жизни увеличивается. У большинства из нас всегда есть богатая энергией пища и чистая вода, а с помощью достижений современной медицины мы можем излечить или вовсе предотвратить заболевания, которые раньше считались неизлечимыми. В результате мозг подвержен пагубному влиянию старения, при этом другие виды, как правило, просто не доживают до этих страданий. Деменцией страдают миллионы людей во всем мире. Это синдром, при котором ухудшаются память, мышление, поведение и человек не может выполнять повседневные действия. Самым главным фактором риска развития деменции является возраст, хотя это состояние и не считается нормой при старении. Сейчас деменция развивается даже у домашних животных, поскольку у человека они живут гораздо дольше. Люди обеспечивают их едой и оказывают медицинскую помощь, если необходимо. В дикой природе это совсем другая история. Дикие животные живут не так долго, как их одомашненные собратья, и даже если бы у них развивалась деменция, они просто не выживали бы. Долгая жизнь не всегда является преимуществом в природе, поскольку в буквальном смысле представляет собой выживание наиболее приспособленных, только это имеет значение. Это, как говорится, игры молодых.

Мы знаем много, но не то чтобы очень

Люди обладают необыкновенными способностями, но никто не знает, почему это так. Нам пока неизвестно, имеет ли значение размер мозга или сложность организации, но, вероятно, что и то и другое. Ушли миллионы лет на то, чтобы мозг стал таким, как сейчас, но имели ли смысл все эти усилия? Мы знаем, что человеческий мозг постепенно сжимается, но не знаем, что это означает: он увядает или становится более эффективным, а главное, что нам это дает для понимания, какой мозг нам действительно нужен. Мы нормально справлялись, когда он был больше. Теперь он меньше, но мы по-прежнему нормально справляемся. Просто у нас другая жизнь, и нам нужны другие навыки. Получаем ли мы максимум от того, что нам дано? Есть ли у нас неиспользованный потенциал, о котором мы не знаем? Теперь мы имеем представление, как наш мозг стал таким, какой он есть сейчас, и будем продолжать думать, какова же цель нашего современного мозга и имеет ли все это значение на самом

деле.

2

Быть человеком: зачем нам нужен мозг?

Итак, теперь мы знаем, что человеческий мозг прошел удивительный эволюционный путь и благодаря этому мы заметно отличаемся от своих собратьев. Сейчас пора подвести итог и поговорить об основных функциях мозга, а также о том, что нам от него нужно. Мы знаем, что мозг управляет множеством жизненно важных функций, причем некоторые из них относятся к определенным зонам или центрам. Однако не за всеми отделами мозга закреплены конкретные функции (по крайней мере те, о которых мы знаем). Что это, избыток, заложенный изначально, или пережиток эволюции? Действительно ли наш мозг больше, чем нам нужно и чем мы используем? К некоторым отделам мозга мы относимся примерно так же, как к аппендиксу: они не нужны на первый взгляд, создают проблемы и занимают ценное место. А что, если нам нужны все области мозга, но мы пока не поняли, насколько они важны для нашего существования? Поскольку человек – это не просто перечень основных функций, мы посмотрим на то, что же важнее всего в нашем мозге: деятельность, необходимая для выживания, или то, что, как нам кажется, делает нас людьми.

А все-таки чем же так удивителен человеческий мозг?

Если говорить в двух словах, мозг отвечает за все, что мы делаем, и за то, кто мы есть. Однако, чтобы было проще, можно разделить все виды деятельности мозга на группы. Прежде всего есть функции, ответственные за поддержание в нас жизни, например контроль дыхания, а есть двигательные, отвечающие, например, за сохранение баланса и координации. Есть базовые, определяющие наши чувства и реакции на раздражители, скажем, настроение, чувство голода и контроль температуры. А есть такие, благодаря которым мы становимся теми, кто мы есть: это все функции, начиная с того, как мы учимся и общаемся, и заканчивая мыслями, суждениями и социальными и творческими навыками.

Как головной мозг уместит в себе все это? Наша книга – не учебник, и вы бы устали читать мельчайшие подробности обо всех его отделах. Тем не менее полезно иметь представление о том, какие отделы связаны с основными функциями. Поэтому оставайтесь с нами, и мы вкратце расскажем об основных структурах и видах деятельности мозга (чтобы сориентироваться, можно вернуться к рис. 1). Обещаем, это не займет много времени!

Отдел мозга, о котором мы еще почти не упоминали (а он крайне необходим для нашего существования), – это ствол головного мозга, он находится в нижней его части и ведет к спинному мозгу. Во многом мы живы именно благодаря ему: он контролирует дыхание, сердцебиение и кровяное давление. Также ствол мозга регулирует зрение, слух, сон, питание, выражение лица и движение.

Кроме всего прочего, важно сказать о способности двигаться как надо, сохранять баланс, координацию и держать осанку. И все это контролирует мозжечок, находящийся в задней части мозга. Сейчас мы всё больше узнаем о его значении как отдела мозга и расскажем вам об этом подробнее в главе 6.

То, как вы и ваш организм чувствуете себя, во многом определяется лимбической системой, которая включает ряд структур, расположенных под большими полушариями. Здесь находятся железы, обеспечивающие передачу эмоций. Здесь же возникают многие гормональные реакции. В лимбическую систему входят миндалевидное тело, гиппокамп, гипоталамус и таламус⁵. Миндалевидное тело, или амигдала, участвует в формировании эмоций, воспоминаний и страхов, а также связано с распознаванием образов. Гиппокамп преобразует данные кратковременной памяти в долговременную и затем хранит их в мозге. Он играет важную роль в хранении долгосрочных воспоминаний,

⁵ В лимбическую систему, помимо перечисленных, входит еще ряд других структур коры: лимбическая доля, орбитофронтальная кора, энторинальная кора и подкорковые образования (прилежащее ядро, сосцевидные тела, переднее ядро таламуса).

основанных на знаниях и опыте, в отличие от процедурной памяти, хранящей приобретенные навыки, например навык ходьбы. Также с его помощью люди способны анализировать и запоминать пространственное расположение предметов, обеспечивая таким образом точность движений. Гипоталамус контролирует настроение, жажду, голод и температуру, а также содержит железы, отвечающие за гормональные процессы во всем организме. Таламус помогает контролировать и концентрировать внимание и отслеживает ощущения, например боль.

Но самая важная персона здесь – это большое, похожее на губку образование, выглядящее точно как известное и любимое нами изображение мозга на картинках. Полушария головного мозга не только занимают больше всего места в черепе, но и отвечают за огромное количество функций, большинство из которых как раз и делают нас людьми. Нет необходимости говорить, что большие полушария контролируют множество вещей: это и пять чувств – зрение, слух, обоняние, вкус и осязание, и понимание и формирование речи, и язык, а также процессы, связанные с физическим и половым созреванием, движением, либидо и гормонами. Кроме этого, контроль функций более высокого уровня тоже осуществляется в больших полушариях: решение задач, абстрактное мышление, творческие способности и способности размышлять, рассуждать, проявлять инициативу, сдерживать себя, а также поведение и некоторые эмоции. Именно благодаря большим полушариям мы испытываем страх, любим слушать музыку и идентифицируем себя как личность. Здесь берет начало наша индивидуальность.

Поскольку большие полушария так сильно влияют на то, кто мы есть, и именно им посвящена существенная часть этой книги, они заслуживают чуть более подробного описания. Некоторые отделы больших полушарий головного мозга имеют определенную специальность и выполняют только свою основную задачу, а есть и универсалы, взаимодействующие с другими отделами и выполняющие разнообразные функции. Среди высококвалифицированных специалистов можно назвать веретенообразную извилину, извилину на нижней стороне головного мозга, чья работа – распознавать лица. Состояние, к которому приводит ее повреждение, называется «прозопагнозия», или «лицевая агнозия», когда у человека сохраняется зрение, но ему очень трудно узнавать знакомых. Другим специалистом является область, отвечающая за представление ощущения: так называемая соматосенсорная кора. Нам много известно об этой области благодаря нейрохирургу Уайлдеру Пенфилду, который первым начал изучать ее в Монреале в 1930-е – 1950-е годы. Оперируя пациентов с инкурабельной эпилепсией, он обнаружил возможность не только помочь больным, но и разобраться, как работают различные области мозга. Операции проходили под местной анестезией, поэтому пациенты были в сознании и могли разговаривать с врачом. Он проводил электрические стимуляции поверхности мозга и просил пациентов описать их ощущения и переживания. Таким образом, операционная становилась исследовательской лабораторией (или, точнее, ею становился мозг оперируемого пациента). Одно из ключевых открытий Пенфилда заключалось в том, что, стимулируя соматосенсорную кору, он мог стабильно генерировать ощущения, относящиеся к конкретным частям тела. Также он обнаружил, что площадь поверхности мозга, контролирующей определенные ощущения тела, пропорциональна не области поверхности тела, а скорее тому, как много нервных клеток находится на данном участке мозга. Поэтому язык и пальцы, особенно чуткие органы, богатые нервными окончаниями, связаны с несоразмерно большой областью поверхности мозга. Это соотношение часто показывают на схеме, называемой «гомункулус». На ней изображены области мозга в сравнении с довольно искривленным изображением человека с особенно большими руками и губами, например, по контрасту с маленькими ногами и ступнями. Наверняка в какой-то момент вам попадалось похожее изображение (см. рис. 3). Не все части полушарий играют такую точно заданную роль, при этом есть области, больше работающие во взаимодействии с другими.

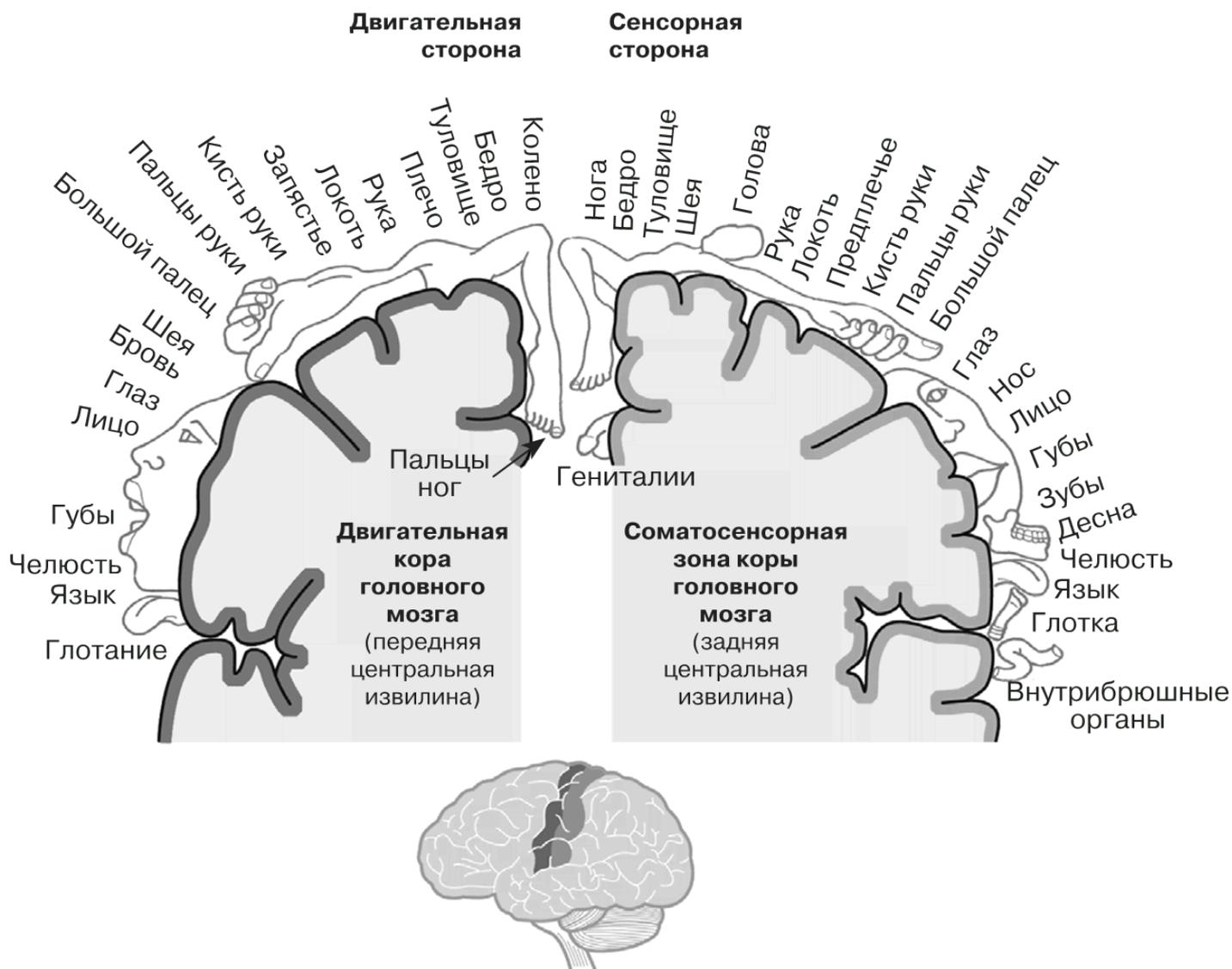


Рис. 3. Пример модели гомункулуca

Безусловно, описанные выше отделы мозга связаны с большим количеством функций, чем мы перечислили, при этом остались области, о которых мы вообще не говорили. Мозг намного больше, чем просто перечень структур и функций. На самом деле это неделимая сеть, в которой интенсивно передаются сигналы и происходят различные процессы, определяющие сложную сущность человека.

Как видите, мозг постоянно занят и делает кучу разных важных дел. Однако есть области мозга, плывущие рядышком просто за компанию с остальными. Если это так, зачем они нужны?

Занят ничегонеделанием?

Люди уже очень и очень долго гадают о цели существования мозга. Древнеегипетский хирургический документ Папирус Эдвина Смита, дошедший к нам предположительно из XVII века до н. э., содержит самые ранние упоминания о мозге. Удивительно, что в папирусе даны первые отчеты о нескольких различных повреждениях мозга и связанных с ними осложнениях. Однако кажется, что древние египтяне не слишком высоко отзывались об этом органе. Насколько нам известно, они считали, что в первую очередь он пускает слизь в нос!

Несмотря на тысячелетние исследования, мы все еще не обо всех отделах мозга знаем точно, что они делают. Возьмем, к примеру, кору задней части поясной извилины, расположенную прямо посередине мозга. Согласно некоторым исследованиям, она играет важную роль в познавательных способностях, но ученые пока не пришли к единому мнению о ее роли. Есть идеи, что она важна для автобиографической памяти или планирования будущего; считают также, что она помогает регулировать

фокус внимания. Эта часть мозга тесно связана с другими и с метаболической точки зрения очень активна, поэтому есть предположения, что она делает какую-то важную работу, однако мы еще не добрались до сути вопроса – какую именно.

Ограда головного мозга, или клауструм, – еще одна загадочная структура. Это маленькая тонкая пластина объемом всего в четверть процента коры головного мозга. Она может способствовать передаче информации для синхронизации когнитивных, сенсорных и моторных сигналов, хотя существует очень мало доказательств, подтверждающих эту теорию.

Есть еще дорсальное кохлеарное (слуховое) ядро, расположенное на поверхности ствола мозга. Как следует из названия, оно имеет какое-то отношение к слуховой системе. Хотя, похоже, оно как-то связано с шумом в ушах, до сих пор непонятно, зачем оно нужно⁶.

Мы привели выше лишь несколько примеров структур мозга, функция которых еще не определена. Также стоит отметить, что нам предстоит многое выяснить и о тех отделах мозга, значение которых известно. Хотелось бы узнать подробнее об основных биологических и физиологических механизмах того, что происходит в мозге: о том, как разные части связаны друг с другом, каким образом они приводят к болезням или изменяются в результате заболеваний, как они компенсируют травмы, а также о том, в какой степени мы можем помочь мозгу восстановиться при возникновении проблемы.

Конечно, есть вероятность, что некоторые структуры мозга всего лишь пережитки эволюции и нам они не нужны. На человеческом теле есть и другие примеры рудиментов, которые при современном образе жизни нам не требуются, скажем, волосы на теле и зубы мудрости, так почему же мозг должен чем-то отличаться? Довольно долго мы считали, что аппендикс был как раз таким пережитком и достался нам от первобытных людей, однако выяснилось, что у него все-таки есть определенная функция.

Долгое время считалось, что изначально аппендикс предназначался для переваривания целлюлозы в составе растений, которых наши древние предки ели довольно много. Наш рацион сильно отличается, поэтому и существовало распространенное мнение, что в процессе эволюции человеческий аппендикс усох, ведь острая необходимость в этом органе отпала. Сейчас он буквально болтается без дела. Однако в последнее время исследователи пришли к выводу, что аппендикс играет более важную роль, чем ему отводили раньше. Есть доказательства, что он защищает нашу внутреннюю среду: помогает удалять отходы из пищеварительной системы, контролирует возбудителей инфекции, а также служит накопителем полезных бактерий и, возможно, защищает нас от болезней на ранней стадии. То же самое можно сказать и про мозг: если есть области, задача которых еще не выявлена, это не означает, что у них ее нет. Просто нам еще предстоит понять, в чем же она заключается.

Я – человек, и мой голос громок!

А что же насчет тех отделов мозга, о которых мы знаем? Что именно делает нас людьми? Помимо отделов, основная функция которых заключается в поддержании нашей жизнедеятельности, есть области, отличающие нас от других видов и друг от друга; они и делают каждого из нас особенным.

Блоки, из которых построен мозг, практически одинаковы у всех животных, но их количество и то, как они собраны вместе, сильно различается. Например, у некоторых животных очень большие обонятельные луковицы, и поэтому у них исключительный нюх, а у других, в том числе у людей, больше развиты зрительные участки мозга. Человеческий мозг развился таким образом, что теперь мы можем делать то, чего не могут другие биологические виды, равно как и наоборот: есть вещи, которые другие животные могут делать, а мы утратили эти способности, пока наш мозг менялся с течением времени. Существует множество очевидных физических отличий между нами и другими представителями животного царства, предполагающих различные способности, скажем, отстоящий большой палец на руке, отсутствие крыльев и жабр, но сейчас нас интересуют особенности психических процессов.

⁶ В настоящее время этим вопросом довольно активно занимаются и высказываются предположения, что в кохлеарном ядре обрабатывается часть данных о локализации звуков с использованием разницы в частотной информации, возникающей за счет сложной формы наружного уха.

У людей высоко развиты коммуникативные способности. Кроме ряда других анатомических различий у нас сложное строение голосовых связок и мускулистый язык, все это дает нам необыкновенные речевые и языковые возможности. Помимо этого, похоже, что мутации в гене FOXP2 сыграли ключевую роль в эволюции человеческого языка. Обнаружилось, что этот ген участвует в важной деятельности мозга во время развития эмбриона, и считается, что именно благодаря его наличию человек может научиться говорить в раннем возрасте, поскольку он дает нам особый контроль над мышцами рта.

Однако у нас отлично развит не только разговорный язык; мы придумали письменную коммуникацию и язык жестов. Кроме того, мы можем общаться и понимать намерения друг друга, а также работать сообща для достижения совместных целей. Некоторые насекомые, такие как пчелы и муравьи, тоже работают вместе над общей целью, но все-таки по большому счету сотрудничество между несвязанными особями в животном царстве – редкость. Конечно, людям не всегда обязательно использовать язык, чтобы оно стало возможным. Например, один человек может указать на что-то, чего он хочет, а другой способен это понять и помочь, передав предмет. С помощью простого указующего жеста люди научились понимать друг друга и осознавать, что требуется для достижения общей цели. Считается, что все остальные биологические виды находятся в менее благоприятном положении, когда речь идет о продуктивном сотрудничестве. Они не видят в нем для себя немедленной выгоды, у них нет ни когнитивных способностей, касающихся планирования и пользы, ни языковых навыков, позволяющих осуществлять совместную работу.

Именно развитие интеллекта и способности к сотрудничеству позволили людям создавать сложные общественные структуры и технологии, расширяющие наши возможности. Мы можем перелететь на другой конец света за сутки и проводить сложные медицинские операции с помощью современных методов визуализации. Можно смело утверждать, что другие виды, хотя и могут обладать удивительными способностями, не эволюционировали до такой степени, чтобы их можно было сравнить с людьми.

Мы можем обдумать проблему и рассмотреть разные возможности ее решения, а способность к дедукции и технологии позволяет нам оглянуться в прошлое или прогнозировать будущее. Мы исследуем глубины океана и космос, размышляем о нашем месте в мире, то есть не просто используем свою энергию для выживания. Кроме того, многие люди верят в различных богов или по крайней мере во что-то духовное, а для этого опять же необходим мозг, способный делать больше, чем просто обеспечивать выживание. Мы не можем сказать наверняка, что ни один другой вид не проводит время в размышлениях о своем месте в мире и о том, что его ждет, при этом в настоящее время нет никаких доказательств, позволяющих предположить, что они этого не делают. Хотя вот гигантские черепахи часто выглядят довольно задумчивыми...

Издавна считалось, что способность сопереживать – уникальная черта человека, но потом ученые обнаружили, что есть и другие животные с эмпатическим поведением. Однако Роберт Сапольски, нейрохирург из Стэнфордского университета, считает, что уникальной для человека является способность сопереживать, даже когда речь идет о вымышленных событиях. Так же как при размышлениях о нашем предназначении, здесь мы тоже используем абстрактное мышление и даже испытываем эмоции в связи с этим. Например, нас могут довести до слез тяготы персонажей мультфильмов, которые мы наблюдаем на экране. Мы строим метафоры и проводим аналогии, а также физически реагируем на отвлеченные мысли, скажем, чувствуем физическое недомогание, сталкиваясь с чем-то, что не соответствует нашим представлениям о морали.

Еще мы можем представлять себе абстрактные вещи и общаться, занимаясь творчеством. Человек – единственный представитель царства животных за несколько тысяч лет, способный создавать произведения искусства, ценить живопись, музыку и рассказывать истории. Многие исследования подтверждают значительные физические изменения в мозге, происходящие под воздействием искусства. Например, некоторые из них показали, что обучение детей музыке помогает развить долговременные визуально-пространственные, вербальные и математические способности. Результаты исследований говорят о том, что с большой вероятностью избыточный творческий потенциал человека отражает уникальное неврологическое строение мозга. Более того, поскольку произведения искусства по собственной инициативе создают только люди и они повсеместно присутствуют в человеческом

обществе, любое представление о художественном творчестве может помочь нам понять нейронную основу творчества в целом.

Несмотря на все эти заявления о человеческой гениальности, исследователи Герхард Рот и Урсула Дике из Института исследования мозга при Бременском университете считают, что все аспекты человеческого интеллекта, за исключением сложно развитого языка, есть, по крайней мере в рудиментарной форме, и у прочих приматов и даже у некоторых других животных. И это не принципиально новая точка зрения. Чарльз Дарвин считал, что интеллектуальное поведение развивалось на основе примитивных инстинктов наших предков-негуманоидов и что разница между человеческим интеллектом и интеллектом животных – это вопрос количества, а не качества. В книге «Происхождение человека и половой отбор» он писал: «Цель данной главы – показать, что нет принципиальной разницы между человеком и высшими млекопитающими относительно их умственных способностей»⁷.

Есть, конечно, масса вещей, которые люди делать не в состоянии, в то время как у других видов они получаются отлично. Мы не можем летать, жить под водой, и стоматология процветает только потому, что постоянные зубы у нас не восстанавливаются, как у акул и рептилий. Несмотря на наличие интеллекта, дающего возможность разработать более эффективные протезы, мы все еще не можем отрастить потерянную конечность, как саламандра. В экстремальных климатических условиях мы бы погибали толпами, притом что есть множество других организмов, которые прекрасно справляются и в арктической тундре, и в иссушающей жаре, и в холоде пустыни, вспомните, например, песца, моржа, ястреба и скорпиона. Наши зрение, слух и обоняние не развиты так хорошо, как у многих других животных. Люди видят в диапазоне от красного до фиолетового света, при этом некоторые существа, например пчелы и определенные виды оленей, видят за пределами этого спектра и в ультрафиолетовом диапазоне. У нас нет встроенного механизма для применения эхолокации, как у летучих мышей и дельфинов. Даже голуби слышат звуки на гораздо более низких частотах, чем мы. У многих хищников область мозга, отвечающая за обоняние, развита гораздо сильнее, чем у человека. Люди заиклены на идее здорового питания, например есть хотя бы пять порций фруктов и овощей в день, отчасти из-за того, что наш организм не синтезирует витамин С. Другие животные, такие как кошки и собаки, могут это делать, поэтому они не так уж часто выпрашивают у вас дольку апельсина, когда вы его едите. Мы не бегаем и не плаваем так быстро, как многие другие существа, и не ориентируемся по магнитному полю Земли при перемещении на большие расстояния, как птицы и черепахи. Мозг контролирует эти способности, и там, где каждая из них играет важную роль в жизни животного, он подстроится таким образом, чтобы обеспечить необходимую поддержку и позволить этой способности работать.

Такой же, но другой

Мы можем колоссально отличаться от других видов, но это не значит, что мы, люди, все одинаковые. Несмотря на то что большинство биологических характеристик, как и последовательность нуклеотидов в ДНК, у всех нас сходные, тем не менее человеческие особи очень сильно отличаются друг от друга.

Взять, например, двух авторов этой книги: одна любит грибы, а вторая ненавидит, одной нравится кататься на велосипеде, а другой нет. Однако обе они женщины, примерно одного возраста, выросли в одной и той же части света и были воспитаны в похожих культурах, и у обеих есть человеческий мозг. Итак, почему же мы вообще отличаемся? Достаточно посмотреть на близнецов, чтобы понять, насколько люди с идентичным набором генов могут различаться и по характеру, и в поведении. Исследования показали, что то, кто мы и как себя ведем, определяют среда, в которой мы растем и живем, и опыт. Более подробно об этом вы узнаете чуть позже.

Многие исследователи интересуются, как именно мозг обеспечивает индивидуальность человека. Некоторые из них обращают внимание на многообразие наших эмоциональных реакций на повседневные проблемы. Все мы знаем, что в любой конкретной ситуации люди могут очень по-разному реагировать на сложности жизни: кто-то переносит их спокойно и стойчески, кто-то решается

⁷ Работа Чарльза Дарвина «Происхождение человека и половой отбор» вышла в 1871 г. – *Примеч. перев.*

на смелые действия, кто-то тихонько хнычет, а кто-то сходит с ума и закатывает истерики. Есть доказательства, свидетельствующие о том, что участки мозга, участвующие в эмоциональных реакциях, весьма гибки и меняются с опытом, что впоследствии влияет на наш темперамент. Более того, метод психологической интервенции использует способность мозга меняться в ответ на все происходящее и обеспечивает положительные изменения поведения, благодаря которым мы живем и здравствуем, и нам легче приспосабливаться к окружающей среде.

Существуют различные физиологические процессы, благодаря которым образуется наша индивидуальность: от специфических механизмов, сетей и молекулярных процессов до генетических факторов, что регулируют сети, контролирующие наше поведение.

Мы постоянно слышим о том, что нас во многом определяет наследственность. Однако есть еще учение под названием «эпигенетика», тоже чрезвычайно существенное. Попробуем вкратце объяснить, что оно собой представляет. Структуру организма формируют белки, также они участвуют во многих процессах, необходимых для поддержания жизни. Гены – это участки ДНК, задающие определенный код при формировании конкретных белков. Именно это мы и называем термином «генетика». Другими словами, когда речь идет о генетике человека, мы на самом деле говорим о последовательности кодов, передающихся по наследству. Именно в них содержится информация о том, кто мы есть: например, обладатели темных волос, неровных коленей или дальтонизма. Это своеобразные инструкции, которые даются клеткам. Эпигенетика изучает то, как клетки «читают» гены и как следуют этим инструкциям, если следуют вообще. Она имеет дело с внешними изменениями ДНК, «включает» и «выключает» гены и даже влияет на интенсивность, с которой выполняются эти инструкции. Сам генетический код не меняется, но появляются как бы биологические маркеры поверх кода. Это похоже на то, как вы курсивом выделяете текст в документе или подчеркиваете слова, чтобы обозначить самое главное.

Эпигенетика – часть многих процессов развития организма. У всех клеток нашего организма одна и та же последовательность нуклеотидов в ДНК⁸, поэтому теоретически одни и те же гены должны «кодировать» одни и те же процессы. Однако клетки сердца функционально отличаются от клеток мозга или кишечника, поэтому эпигенетика обеспечивает, чтобы определенные гены «включались» и «выключались» как нужно, чтобы разные клетки выполняли каждая свою функцию. В отличие от генетического кода эпигенетика может меняться под действием окружающей среды: скажем, химических загрязнителей, диеты или стресса. И поэтому, точно так же, как эпигенетические маркеры имеют отношение к нормальному функционированию организма человека, они связаны и с заболеваниями. Например, они могут «отключить» ген, обычно защищающий организм от рака. Эпигенетические изменения связаны со множеством заболеваний, включая ожирение, болезни сердца, разные виды рака и аутизм.

Итак, если мы снова вернемся к близнецам, теперь нам станет понятно, как у двух человек может быть одинаковая последовательность генов, но при этом они будут по-разному взаимодействовать с миром. Исследование, в котором принимали участие восемьдесят близнецов, показало, что пока они были моложе, их эпигенетика практически не отличалась от эпигенетики брата или сестры. Однако по мере взросления все больше и больше вырисовывались отличия. У более старших близнецов, ведущих разный образ жизни и проводящих меньше времени вместе, эти различия были более заметны, что говорит о важном значении факторов окружающей среды в формировании индивидуальных качеств.

Если у близнецов могут наблюдаться значительные различия, нетрудно понять, насколько сильно могут отличаться друг от друга все остальные люди, поскольку наши впечатления и опыт, наложенные поверх генетики, формируют нас как личность. Кроме того, в предыдущей главе мы говорили, что в основном человеческий мозг развивается после рождения, в отличие от того, как это происходит у других животных, поэтому в нашем случае среда еще больше влияет на развитие. Вероятно, именно поэтому среди людей наблюдается такое большое разнообразие индивидуальностей, как ни у какого другого вида. Во второй части книги мы еще подробнее рассмотрим вариации нормального развития человеческого мозга, разберем, какие удивительные различия могут наблюдаться у разных людей, и узнаем, что они означают.

⁸ Это не совсем так, существуют соматические мутации, так что клетки кожи большого пальца правой руки могут немного отличаться от клеток большого пальца левой руки.

Все мы – загадка

Безусловно, мы – больше чем просто сочетание частей. Исследования помогают нам определить, какие именно отделы головного мозга отвечают за конкретные функции. При этом есть то, что делает нас людьми, но что объяснить не так просто. Любовь и творчество зарождаются в мозге, однако нам непонятно, как и почему они появляются. Если следовать логике, то мозг должен бы развивать и поддерживать способности, необходимые для выживания человека, такие как устойчивость к болезням, умение решать сложные задачи или более эффективно использовать энергию. Совсем не очевидно, почему у нас развивается способность играть на музыкальных инструментах, ценить искусство или сопереживать посторонним людям. Все эти способности отнимают энергию, занимают пространство мозга и отвлекают его от решения проблем, связанных с выживанием, – в чем же их смысл? На этот счет существует масса теорий, но, чтобы осветить этот вопрос хотя бы вкратце, потребовалось бы написать еще одну книгу. Суть в том, что в нашем мозге происходит много разных процессов, при этом мы всё еще очень многого не знаем. А если мы не знаем, что происходит и сколько всего удивительного мы можем делать благодаря этому, то понятно, что определить, какой именно мозг нам нужен, будет задачей не из легких.

В следующих трех частях книги вы найдете научные доказательства, удивительные исследования на эту тему и общие размышления, которые помогут вам понять, что происходит у нас в мозге, представляет ли для нас ценность весь мозг целиком, а также что произойдет с ним в будущем. И конечно, в любом случае мы будем постоянно задавать вопрос: действительно ли нам нужен такой большой мозг?

II

Люди разные

К чему приводит изменчивость мозга в пределах нормы?

3

О мужчинах: правда ли, что размер имеет значение?

У мужчин руки длиннее, размер ноги больше, и точно так же в среднем размер мозга у них больше, чем у женщин: примерно на одну десятую по размеру и весу. Это интересно, потому что (опять же в среднем) мозг большого размера обычно лучше работает, то есть познавательная функция развита лучше, а риск некоторых нарушений, например болезни Альцгеймера, – меньше. В главе 1 мы рассматривали различные варианты изменений размера мозга в процессе эволюции, а также говорили о том, как увеличение размера связано с различными функциями, характерными только для человека. Итак, справедливо ли будет сказать, что обычный мужской мозг большего размера... лучше, чем женский меньшего?

Прежде чем кто-то из вас расстроится, давайте будем откровенны: мы так не думаем. Однако между полами существует множество довольно четких, хотя часто едва заметных, различий, и это касается не только среднего размера мозга, но еще как минимум одной познавательной функции, многих аспектов личности и поведения, а также большинства заболеваний, связанных с работой мозга. О чем мы и расскажем в этой главе.

Различия в строении и функциях мозга, связанные с полом, очень интересны, потому что, изучая их, можно узнать много полезного о том, как по-разному гены, гормоны, структура мозга и влияние социальной среды сказываются на развитии мозга у мужчин и женщин с рождения и до смерти.

Если вы смотрите телепередачи о раскрытии преступлений, то знаете: когда находят труп, даже если это древний скелет, то почти всегда можно сказать, женщине он принадлежал или мужчине. И не только потому, что мужчины в среднем больше женщин по многим параметрам (по росту, весу или размеру черепа), но еще и из-за того, что многие части скелета существенно различаются по форме,

например таз. Есть довольно серьезные, связанные с эволюцией, причины, объясняющие такие различия в скелетах, и часто они связаны с ролью мужчин и женщин в воспроизведении потомства и заботе о нем. Теперь давайте посмотрим чуть выше и разберемся, есть ли похожие причины, объясняющие различия между мужским и женским мозгом. В этой главе мы поговорим о том, зависит ли размер мозга, который нам необходим, хотя бы частично от того, какого человек пола.

Крупным планом

Представьте, что вы работаете судебно-медицинским экспертом и к вам в лабораторию поступил мозг, который странным образом был найден в целости и сохранности, но отдельно от тела. Главный следователь хочет знать, женщине он принадлежал или мужчине. Сможете ли вы это определить? Скорее всего, по размеру вы этого не сделаете. Согласно недавнему анализу данных, полученных от 15 000 человек, объем мозга мужчин в среднем на 11 % больше, чем у женщин. Несмотря на среднюю разницу размеров, разброс среди представителей каждого пола очень большой, и есть много совпадений: существует масса мужчин с маленьким мозгом и женщин – с большим. В отличие от скелета принципиальных различий в форме нет, поэтому она тоже не поможет вам определить, кому принадлежал мозг. У мужчин большая и складчатая верхняя часть (полушария) на 10 % больше, мозжечок (небольшая область ближе к задней части и к низу черепа) – на 9 %, а также у них на 12 % больше цереброспинальной жидкости. Однако эти различия слишком неочевидные, и разброс очень большой, поэтому вряд ли эта информация поможет вам определить, мужской мозг перед вами или женский.

Вы вооружаетесь скальпелем и изготавливаете серию срезов, чтобы рассмотреть их под микроскопом. Увидим ли мы какую-то разницу между мужским и женским мозгом? Если мы посмотрим на типы тканей, можно предположить, что у женщин будет больше серого вещества, чем белого (у мужчин на 9 % больше серого вещества и на 13 % больше белого, поэтому пропорционально у женщин серого вещества больше, чем у мужчин). Однако проблема никуда не делась: у всех нас мозг существенно различается, и разница между полами – всего лишь небольшая часть этих различий. Чтобы несколько уточнить свои предположения, можно сравнить по размеру разные структуры мозга друг с другом, потому что, даже учитывая разницу общего размера мозга, некоторые области в среднем больше у мужчин, чем у женщин, а другие, наоборот, пропорционально больше у женщин. Если сравнить размеры определенного отдела или области с левой и с правой стороны мозга (в зависимости от латерализации), то можно найти еще несколько различий, поскольку некоторые области отличаются у мужчин и женщин по специализации полушарий. Тем не менее даже с хорошим микроскопом вам будет очень трудно разглядеть половые различия в отдельно взятом заспиртованном мозге⁹.

Все было бы совсем по-другому, если бы вы изучали живой мозг. Используя ряд новейших технологий, можно обнаружить различия, зависящие от пола, практически во всех областях работы мозга на клеточном уровне. Возьмем, к примеру, гиппокамп. Это парная структура в форме морского конька, находящаяся в глубине височных долей. Она играет важную роль в формировании долговременной памяти, особенно воспоминаний, связанных с пространственной навигацией. Если мы увеличим масштаб до такой степени, чтобы можно было увидеть отдельные нейроны, мы обнаружим, что у мужчин и женщин есть различия в дендритах – разветвленных отростках, передающих электрические импульсы к нейронным клеткам и от них. Если бы мы наблюдали за клетками гиппокампа в действии у мужчин и у женщин, мы бы увидели различия в их функциональных свойствах: женские были бы более чувствительны к одним типам нейромедиаторов и менее чувствительны к другим. Также у клеток мужского и женского гиппокампов была бы немного разная реакция на внешние раздражители: от того, сколько стимула нужно клетке для возбуждения, до того, насколько, вероятно, клетка будет повреждена, если владелец мозга будет испытывать стресс в течение длительного времени.

Подобные гендерные различия на клеточном уровне – основа различий в поведении. Переходя

⁹ Существуют более достоверные структурные различия на микроуровне, например среди ядер гипоталамуса можно выделить ядро полового диморфизма, размер которого больше у мужчин.

от изучения клеток к изучению целых организмов, то есть людей, мы обнаруживаем, что поведение включает не только врожденные различия между мужчинами и женщинами, но и приобретенные в процессе обучения. Отделить эти вещи друг от друга нелегко. Но мы не боимся сложностей, поэтому – в путь.

Математика и другие трудности

Женщины не ориентируются по картам дорог и плохо паркуются. Мужчины не умеют слушать и говорить о своих чувствах. Сообщают ли нам эти стереотипы что-нибудь полезное о разнице работы мозга у мужчин и женщин? Из-за того, что практически в каждом исследовании, изучающем поведение людей, фиксируется, кто именно отвечал на вопрос, мужчина или женщина, есть очень много данных, с помощью которых можно доказать, что такие различия между полами существуют.

Несмотря на это, спокойные дискуссии о разнице полов и причинах различий происходят не так часто, как вы думаете. Значительную разницу между полами обнаруживают только в громких и широко афишируемых опросах. Что же до более серьезных научных исследований, то в них такой большой разницы не находят. Кроме того, обсуждение разницы между мужчинами и женщинами – это тема политическая и животрепещущая. Спросите об этом хотя бы Ларри Саммерса, выдающегося экономиста, ставшего президентом Гарвардского университета. В 2005 году он публично высказался о том, что дефицит женщин среди выдающихся ученых и инженеров частично связан с «биологическим различием между способностями полов к сложным профессиям». Вскоре после этого профессор Саммерс был вынужден покинуть свой пост. Однако он предложил интересную и полностью проверяемую теорию. Действительно ли существуют какие-то базовые различия в способностях мужчин и женщин?

Вероятно, Саммерс ссылался на то, что, как исторически сложилось, студенты сдают экзамены по математике и подобным предметам намного лучше, чем студентки. И действительно, это все еще так в некоторых странах, особенно в тех, где оценка гендерного равенства в обществе низкая. Тем не менее самые последние широкие исследования в США обнаружили, что нет больше никаких существенных различий в средних баллах по математике у мужчин и женщин. При этом даже если средние баллы одинаковы, то на крайних концах выборки все еще будут различия: у мужчин и женщин могли бы быть одинаковые средние баллы по математике, если бы, например, у мужчин было больше одновременно очень низких и очень высоких баллов. Эта теория «неоднородности среди мужчин» появилась более века назад. Ее предложил Хэвлок Эллис в 1894 году. Он обратил внимание, что среди мужчин больше гениев, чем среди женщин, равно как и совсем необучаемых мужчин больше, чем таких женщин.

В последние десятилетия было проведено много исследований, где изучался вопрос о том, сильнее ли варьируются на экзаменах по математике результаты юношей, чем девушек, и несколько разных исследователей независимо друг от друга пытались получить эти данные. В общем, они сделали вывод, что среди студентов мужского пола существует несколько большая вариативность в оценках, чем среди женщин. Однако эта разница настолько мала, что с ее помощью вряд ли можно объяснить сильные гендерные различия, наблюдаемые в ходе обучения и при выборе карьеры в областях, связанных с математикой, и в других науках.

Даже если бы теория неоднородности среди мужчин не вызывала сомнений, комментарии Саммерса все равно звучали бы оскорбительно, поскольку подразумевали генетические различия между мужчинами и женщинами на высшем уровне, связанные с результатами в области математики. Используя слово «способности», а не «достижения», Саммерс показал, что разница определена биологически, а не социально. Как и в большинстве споров относительно врожденных и приобретенных черт, трудно четко разграничить, что из двух факторов повлияло больше. Поскольку мы не даем контрольных работ по математике новорожденным, все тестирования проверяют не только индивидуальные способности к математике, но и то, чему студентов научили, насколько хорошо их учили, а также как сильно они были мотивированы учиться.

Очевидно, что за последние пятьдесят лет женщины в США добились значительных успехов в образовании и в настоящее время, по существу, догнали своих коллег-мужчин. Маловероятно, что биологические факторы, такие как гены или гормоны, как-то существенно изменились за этот

промежуток времени. Таким образом, напрашивается вывод, что заметная разница между мужчинами и женщинами, существовавшая в прошлом, была обусловлена социальными влияниями и отношением общества, которые могут меняться и за этот период изменились очень быстро.

Возможно, в прошлом женщин реже приобщали к серьезным занятиям математикой; или большинство научных и инженерных факультетов больше были склонны принимать юношей и помогать им в продвижении по службе; или девушки с хорошими способностями к математике выбирают сами либо их склоняют выбирать жизненный путь, связанный с воспитанием детей. Все это гораздо больше похоже на правду. Скорее всего, именно в этом причины разницы в достижениях представителей разных полов. И к слову, это именно те проблемы, которые хотелось бы, чтобы президент университета воспринимал всерьез.

Должно быть, Саммерс знал, что лучший способ понять, есть ли разница в «способностях», – это изучить результаты тестирования, где влияние общества, например образование, минимально. Другими словами, вместо того чтобы сравнивать баллы на экзаменах, полученные студентами и студентками, нам следует изучить более базовые познавательные способности. И сделать это нужно как можно раньше, до того, как человек подвергнется влиянию культуры и общества.

Есть эффективный способ, позволяющий определить, отличаются ли врожденные способности у представителей разных полов. Смысл его в том, что он может проводиться повсеместно, без привязки к какой-либо конкретной культуре, даже среди маленьких детей, а также независимо от образования. Вероятно, есть только одна познавательная способность, отвечающая этим критериям. Интересно, знал ли Ларри Саммерс о том, как она может повлиять на способности развивать технические навыки.

Итак, могут ли женщины ориентироваться по карте дорог?

Область познавательных способностей, которая на первый взгляд у мужчин развита куда лучше, – это навык умственного вращения, часть пространственного мышления. На рис. 4 показан стандартный тест: несколько объемных изображений предметов, причем у каждого есть идентичная пара, то есть точно такой же предмет, изображенный под другим углом. Выбрать нужно среди похожих предметов, например почти таких же, но нарисованных в зеркальном отображении.

F

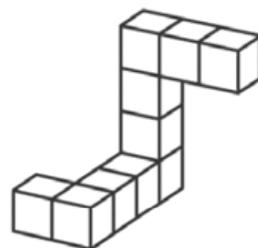
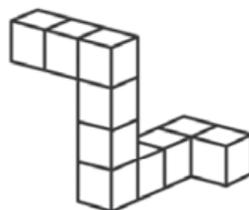
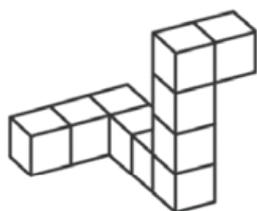
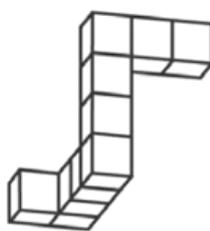


Рис. 4. Задачи на мысленное вращение

Проводилось множество исследований, где мужчины показывали в решении таких задач намного более высокие результаты, чем женщины. Чтобы понять, насколько они точны, нам нужно каким-то образом стандартизировать разницу в результатах, полученных мужчинами и женщинами в разных исследованиях. Чтобы это сделать, нужно немного разобраться в технической стороне вопроса, поэтому не забивайте себе голову. Если коротко, то, по стандартам ученых, это разница «от средней до высокой».

Если вам действительно интересно, скажем, что один из способов выразить разницу данных заключается в том, чтобы показать, какие различия в значениях наблюдались в каждом исследовании по всей популяции, а затем показать разницу между мужчинами и женщинами относительно этого противоречия. Одно исследование по умственному вращению проводилось в компании, где работают в основном двадцатилетние разработчики программного обеспечения. В ходе другого исследования исследователи останавливали на улице каждого третьего человека и просили принять участие. Вы, вероятно, считаете, что результаты первого исследования различались меньше, потому что участники были представителями более однородной группы, в то время как на улице люди гораздо сильнее отличались по возрасту и способностям. Но ничего, мы все равно можем использовать данные обоих исследований, чтобы узнать о различиях между женщинами и мужчинами, равно как и можем выразить различия между полами в обоих случаях, определив, насколько велики они были в каждом исследовании по сравнению с разбросом баллов, которые были показаны в примере. Мы называем эту разницу, стандартизированную по всем исследованиям, «величиной эффекта».

Если рассматривать данные о различии между полами в точности выполнения теста по умственному вращению, собранные по результатам разных исследований, то средняя разница будет иметь величину эффекта примерно 0,6–0,7. Что это значит? С точки зрения научного подхода величина эффекта 0,5 определяется как «средняя», а 0,8 – как «большая». Первым, кто этим занимался, был американский статистик и психолог Джейкоб Коэн. Он говорил, что величина эффекта 0,5 является достаточно большой, чтобы быть видимой невооруженным глазом: например, это разница в росте между четырнадцатилетними и восемнадцатилетними девочками. Однако значение 0,8 более заметно: это разница между тринадцатилетними и восемнадцатилетними девочками. Для тех, кто предпочитает цифры, величина эффекта 0,65 будет означать, что выбранный случайным образом мужчина на 68 % лучше справится с задачей на умственное вращение, чем выбранная случайным образом женщина, но показатели между мужчинами и женщинами будут полностью совпадать на 75 %.

Это довольно существенная разница. Зависит ли это от различий мозга женщин и мужчин? Одним из доказательств в пользу этой теории служит подтверждение, полученное в ходе нескольких исследований с участием маленьких детей. Согласно этим исследованиям, младенцы-мальчики в возрасте от трех до пяти месяцев могут выполнить задания на умственное вращение объемных предметов, а большинство девочек того же возраста – нет. Конечно, довольно сложно тестировать какие-то способности трехмесячных малышей, если это не способность есть, спать и испражняться, поэтому любые когнитивные эксперименты с малышами в этом возрасте обычно используют одну психологическую хитрость. Дело в том, что младенцы дольше смотрят на незнакомые предметы, поэтому исследование заключалось в том, чтобы показывать ребенку объемный предмет (на картинке или видеозаписи) до тех пор, пока он не станет для него знакомым, то есть пока он не наскучит малышу и тот от него не отвернется. Позже ребенку показывали тот же самый предмет, но в другом положении. И если он смотрел на него меньше времени, чем на абсолютно новый предмет, делали вывод, что ребенок его узнал, несмотря на то что предмет повернут иначе. Эти исследования впечатляют, но они слишком хитрые, и нужно учитывать много деталей, поэтому таких опытов проводилось мало и их сложно интерпретировать.

Независимо от того, есть ли различия в способностях мальчиков и девочек в столь раннем возрасте, существует альтернативное объяснение, и оно тоже весьма интересно. Оно заключается в том, что мальчики больше времени практикуются в умственном вращении, чем девочки, потому что больше времени занимаются спортом и играют в видеоигры. Считается, что именно так тренируются навыки пространственного восприятия, а в общеобразовательной школе как раз в этом отношении делается очень мало. В одном исследовании учащихся просили либо поиграть в видеоигру-бродилку, либо

решить головоломку: через десять часов игры учащиеся, которые играли в бродилки, значительно улучшали показатели в заданиях на умственное вращение, и девушки в этой группе догоняли по баллам юношей из второй группы, где решали головоломки. Если такое короткое упражнение позволило девушкам нагнать юношей, то вряд ли разница в способностях представителей разных полов обусловлена врожденно. Скорее всего, такое различие демонстрирует, как мальчики и девочки в современном мире проводят свободное время.

Личность и поведение: кого винить за то, что мозг «женский» или «мужской»?

По мере того как мы растем, различия темпераментов на ранней стадии превращаются в черты характера и остаются с нами на всю жизнь. Психологи, изучающие индивидуальные различия между людьми, обычно сходятся во мнении, что есть пять основных факторов личности, которые проявляются во всех человеческих культурах (а также у некоторых других видов). В этой «большой пятерке» есть по крайней мере два фактора, которые относительно постоянны для подтверждения половых различий: это невротизм, или склонность испытывать негативные эмоции, и доброжелательность, или склонность ладить с другими. В обеих сферах женщины лидируют. Кроме того, у женщин больше преимуществ, если оценивать их с точки зрения экстраверсии и добросовестности, но здесь различия менее стабильны. (Пятый фактор – «открытость новому опыту» – обычно не слишком различается, если сравнивать людей разных полов.)

Вместе с тем это характеристики личности очень общего уровня, но есть субфакторы, которые, согласно стереотипам, считаются мужскими или женскими. Например, есть немало доказательств, что женщины гораздо сильнее могут сопереживать другим и более отзывчивы эмоционально, чем мужчины, оба эти аспекта относятся к фактору «доброжелательности», и оба они, по всей вероятности, связаны с характеристиками, необходимыми для воспитания потомства. В отличие от женщин, мужчины проявляют более агрессивные черты, ведут себя напористее, и происходит это довольно рано, когда малыши, только-только научившиеся ходить, начинают играть друг с другом. Мальчики, когда сердятся, чаще, чем девочки, ударяют по предметам, а девочки чаще плачут.

Сейчас вы, наверное, думаете: но говорит ли нам все это что-нибудь о мозге? Поскольку подавляющее большинство психологических исследований проводятся в богатом западном обществе, может быть, это всего лишь результат разных социальных ролей мужчин и женщин в западной культуре? Или, напротив, вы думаете: «Ну, это понятно: более агрессивный мужчина на протяжении всей истории развития с большей вероятностью выиграет в схватке за пару или даже просто выживет». Если говорить более обобщенно, в эволюционной перспективе (а также в смысле «приспосабливаемости») не ясно, было ли выгодно мужчинам и женщинам вести себя по-разному с точки зрения как полового отбора, так и вклада родителей в приспособленность потомства. Теория социального обучения утверждает, что поведение мужчин и женщин формируется на протяжении всей жизни при помощи наград, наказаний и образцов для подражания. Безусловно, есть что сказать и «за», и «против» как в отношении социального влияния, так и эволюции. И в действительности и воспитание, и природа обуславливают гендерные различия в личности и поведении. Нас же интересует: проявляются ли в мозге эти влияния культуры и эволюции? И если да, то как нам это поможет понять, что нужно и что не нужно для эффективной работы мозга?

К сожалению, в этой области проводят не так много подробных нейробиологических исследований: исторически мало кто заинтересован в финансировании дорогих нейровизуализационных научных изысканий, чтобы определить, как мозг умеренно доброжелательных людей отличается от мозга умеренно недоброжелательных. Таким образом, мы довольно плохо себе представляем, насколько нормальная вариация личности может быть связана с какими-то различиями в структуре или функциях мозга. Однако мы знаем гораздо больше о мозге людей, демонстрирующих крайние проявления личностных характеристик или поведения. Многие психологические и поведенческие расстройства можно рассматривать именно таким образом: как крайний вариант поведения, которое при менее сильной интенсивности является нейтральным или даже желательным. Например, высокая степень невротизма предполагает высокую вероятность развития депрессии; высокий уровень импульсивности связан со многими формами зависимости и синдромом гиперактивности и дефицита

внимания (СДВГ); а обсессивно-компульсивное расстройство – с очень высоким уровнем добросовестности (сознательности). Поэтому если мы хотим объяснить разницу в поведении мужчин и женщин на уровне мозга, то прежде всего нужно понять, какую роль играет половая принадлежность в развитии этих расстройств.

Кто в большей опасности?

Часто бывает, что расстройства, возникающие в мозге, больше свойственны представителям одного пола, чем другого. Связи между нормальной и экстремальной вариациями личности и поведения, о которых мы говорили выше, иногда дают нам представление о многих гендерных различиях. Учитывая то, что вам уже известно о невротизме, вас не удивит, что расстройства настроения, такие как депрессия и тревожные состояния, включая панику и посттравматические стрессовые расстройства, чаще диагностируются у женщин. Вспоминая об агрессии и импульсивности, вы тоже вряд ли удивитесь, что показатели использования запрещенных веществ и злоупотребления ими выше у мужчин и что у мужчин примерно в три раза чаще, чем у женщин, случаются травмы головы. Для других условий картина более сложная, или ее не так легко объяснить с точки зрения влияния общества. Расстройства, вызванные, как считается, отклонениями в развитии мозга в раннем возрасте, чаще встречаются у мужчин: у мальчиков в четыре раза чаще диагностируют аутизм и в два раза чаще – неспособность к обучению или СДВГ. Если говорить о шизофрении и обсессивно-компульсивном расстройстве, притом что риск в целом равен и для мужчин, и для женщин в течение всей жизни, мужчины, как правило, будут подвержены этим заболеваниям в более молодом возрасте. Интересно, что применительно к более поздним и дегенеративным расстройствам головного мозга не наблюдается четкой связи с полом. Нельзя сказать, почему болезнь Альцгеймера чаще развивается у женщин, а болезнь Паркинсона – у мужчин.

Причин таких различий между полами много. Некоторые из них мы просто не можем объяснить, а другие довольно просто интерпретируются и не обязательно это связано с половыми различиями мозга. Например, одна из причин того, что болезнь Альцгеймера чаще встречается у женщин, заключается в том, что на сегодняшний день самый серьезный фактор риска развития болезни Альцгеймера – старение, а женщины, как правило, живут дольше. Нас в данном случае интересует мозг, и, чтобы понять, как все устроено, мы должны быть уверены, что эти различия связаны с работой мозга, а не только с какими-то другими аспектами физического здоровья или с социальными ролями, отличающимися у мужчин и женщин. Можно спросить врачей, например, могут ли они поставить один и тот же диагноз мужчинам и женщинам, если у них проявляются одни и те же симптомы, или же они пытаются описать одни и те же внутренние ощущения. Мы можем сознательно или бессознательно испытывать какие-то симптомы по-разному или говорить о них, а врачи могут трактовать это в зависимости от квалификации и личного опыта. На самом деле мужчины и женщины по-разному живут, это касается и биологических, и социальных аспектов, и в случае появления многих расстройств эти два фактора могут работать вместе: они будут провоцировать появление конкретных симптомов или вызывать болезнь в определенное время.

Давайте рассмотрим два придуманных примера.

1. Сьюзан была добрым и ранимым ребенком, всегда радовала окружающих. Она стала испытывать трудности в общении со сверстниками, когда перешла в старшую школу, поскольку те ее друзья, что были младше, в основном остались в старой школе, а одноклассники дразнили ее, потому что она была физически незрелой. Все изменилось, когда девочка достигла половой зрелости, но теперь она очень стеснялась того, как быстро менялось ее тело. До пятнадцати лет менструация проходила у нее очень болезненно, ей приходилось пропускать день или два в школе, и она очень страдала, пока врач не выписал ей противозачаточные таблетки. В юности у Сьюзан часто было плохое настроение и тревожное состояние, но она хорошо училась в школе и поступила в прекрасный университет, где познакомилась со своим будущим мужем. По окончании вуза они поженились, и, когда Сьюзан было двадцать три года, на свет появился их первый ребенок. Она перенесла послеродовую депрессию, обнаруженную на ранней стадии, которую успешно вылечили антидепрессантами. Через два года у нее

случился выкидыш на позднем сроке, и Сьюзан вернулась к антидепрессантам. Еще через год она обратилась к врачу, потому что решила прекратить принимать препараты и снова попытаться забеременеть.

2. Бен, брат Сьюзан, с самого детства был авантюристом. Он родился недоношенным и всегда был довольно маленьким для своего возраста. Другие дети в школе Бена любили, и у него была репутация классного весельчака. Когда он стал старше, у него часто возникали проблемы из-за дурного поведения, что приводило к ссорам дома. В шестнадцать лет Бен бросил школу, сдав только два обязательных экзамена. Он работал в разных магазинах, а потом нашел место ученика механика в гараже. Ему было уже хорошо за двадцать, но он все еще жил дома, а по выходным много пил в местном пабе с огромным количеством своих друзей и знакомых. Однажды воскресным утром его лишили прав, когда поймали на превышении скорости и проверили на алкотестере.

Мы не знаем, испытывала бы Сьюзан те же самые симптомы тревоги и депрессии, если бы была мужчиной. Вполне вероятно, что какие-то из них были вызваны или усугублены гормональными изменениями: мы знаем, что у некоторых женщин настроение сильно зависит от колебаний репродуктивного цикла и что выкидыши, беременности и изменения в приеме гормональных контрацептивов могут вызвать депрессию. Мы также знаем, что более низкая успеваемость в школе и злоупотребление алкоголем чаще встречаются у мужчин, родившихся до срока. И, как и у всех у нас, на психическое здоровье Сьюзан и Бена в период юношеского взросления отчасти влияют уникальные обстоятельства и события, возникающие в их жизни, и будь они другого пола, эти события происходили бы по-другому.

Алкоголизм и депрессия, как правило, встречаются в одних и тех же семьях, хотя это может зависеть от обстановки, а не от генетики. Однако именно гены отличают мужчин от женщин. Так какую же роль они играют в половых различиях, если говорить о риске нарушения мозговой деятельности? Это сложный вопрос. Все психологические и неврологические условия имеют некоторую генетическую основу, но далеко не все гены, увеличивающие риск развития тех или иных расстройств, расположены в половых хромосомах. Если задуматься об этом, то все понятно: поскольку только у мужчин есть Y-хромосома, то никакие гены, действительно важные для функции мозга, не могут там располагаться.

Давайте подробнее рассмотрим аутизм, расстройство, одновременно очень по-разному проявляющееся у мужчин и женщин и имеющее генетическую основу. Генетика аутизма сейчас служит предметом серьезных исследований, и уже известно, что риск заболевания зависит от множества генов, и лишь немногие из них прикреплены к X- или Y-хромосоме. Почему же задействовано такое количество генов? Возможно, так происходит отчасти потому, что мозг очень сложно устроен и, чтобы контролировать его развитие, структуры и функции, необходимо очень много генов. Более того, если бы только один ген контролировал один аспект развития мозга, то мозг был бы очень уязвимым: мутация в этом гене могла бы стать фатальной (если бы затрагивала какую-то из жизненно важных функций, контролируемых мозгом, например дыхание). В целом, конечно, генетические факторы, влияющие на развитие мозга, дублируются, и есть некоторая избыточность. Это означает, что различные изменения в геноме могут привести к аналогичным изменениям в структуре или работе мозга. Каждый раз, когда эти изменения в мозге вызывают набор симптомов, включающих проблемы с коммуникацией и социальным взаимодействием, мы считаем, что это аутизм.

Даже если большинство генов, повышающих риск аутизма, не найдены на X- или Y-хромосоме, все равно они могут быть важны для понимания разницы между полами. Прежде всего варианты генов, или аллели, расположенные на половых хромосомах, могут взаимодействовать с другими генами в геноме, что и увеличивает риск заболевания именно у мужчин. А может быть, наличие двух X-хромосом является защитным фактором: например, гены на одной X-хромосоме могут проявиться, а на другой – нет, что и защищает женщин от пагубного воздействия на мозг.

Недавно проводилось крупное исследование, показавшее, что существуют значительные различия в степени генетической мутации у мужчин и женщин с аутизмом. Исследователи во главе с Себастьяном

Жакмоном и Эваном Эйхлером рассмотрели ДНК почти 800 семей, где одному или нескольким детям был диагностирован аутизм. Сравнив ДНК ребенка с ДНК обоих родителей, они увидели, насколько часто новая мутация происходит в геноме ребенка и при этом не соответствует ДНК ни одного из родителей. Такие мутации очень распространены и часто безвредны, и только небольшая их часть может оказать негативный эффект на мозг. Также ученые подсчитали количество генетических вариантов в ДНК каждого человека, которые в какой-то степени опасны (например, преждевременно сокращают последовательность генов, определяющую белок). Сравнивая мужчин и женщин с аутизмом, исследователи обнаружили довольно удивительную вещь: женщины несут в своем геноме не только больше новых мутаций, чем мужчины, но и в три раза больше опасных вариантов. Это еще один аргумент в пользу гипотезы о «женской защите»: подразумевается, что женщины должны нести гораздо более опасную генетическую предрасположенность, которая достаточно сильно повлияет на них раньше, чем у них диагностируют аутизм.

Несколько иное объяснение большей склонности мужчин к аутизму выдвинул исследователь Кембриджского университета Саймон Барон-Коэн. Он утверждает, что есть различия между мужчинами и женщинами в их склонности к сопереживанию другим по сравнению со склонностью к систематизации мира. Женщины, как правило, больше сопереживают и чаще выбирают профессии, предполагающие заботу о других, например, становятся нянечками или медсестрами. Мужчины же больше стремятся создавать и анализировать системы, и их больше в профессиях, связанных с программным обеспечением. Если следовать этой модели, то черты аутизма проявляются как раз у тех, кто склонен больше систематизировать и меньше проявлять эмпатию, поэтому аутизм считается «мужской» чертой работы мозга.

Эта теория не является общепризнанной, но наводит на интересные вопросы. Как возникают такие различия на стадии развития мозга? Один из вариантов заключается в том, что они связаны с количеством тестостерона у плода, который можно измерить с помощью анализа околоплодной жидкости в утробе матери. Считается, что различие в количестве тестостерона у плода во многом определяет разницу между полами, и, согласно исследованиям, у детей со склонностями к аутизму наблюдался более высокий уровень тестостерона в околоплодной жидкости.

Другой вариант: различия в показателях и характере нормального развития коры головного мозга в детском и подростковом возрасте могут нарушаться при аутизме. Это интересно, поскольку мы знаем: при других нарушениях развития нормальная черта мозга может проявиться преувеличенно. Например, у детей с шизофренией, расстройством, которое тоже имеет генетические причины, как и аутизм, быстрее уходит серое вещество и медленнее растет белое, чем у здоровых сверстников.

Скажем, это «слишком сложно»

В этой главе мы коротко рассказали, как и где половые различия проявляются в функциях мозга, наиболее важных для нашего спора о том, что же нужно, чтобы быть успешным человеком. Что мы узнали?

Когда мы рассматривали основы работы мозга, мы отметили, что незначительную разницу между полами можно увидеть повсюду. В этом контексте интересно посмотреть, насколько большая часть психолого-медицинской литературы основана на исследованиях, проводимых практически исключительно на мужчинах. У этого подхода есть одна простая причина: если вы профессор медицины или психологии, то исторически так сложилось, что мужчины (особенно молодые белые студенты колледжа) – самая доступная для вас категория людей. Однако даже в современных научных изысканиях есть на удивление сильное смещение: например, на одну женщину в исследованиях, рассматривающих активность мозга при аутизме с помощью функциональной нейровизуализации, приходится пятнадцать мужчин. На самом деле половые различия настолько распространены и потенциально настолько важны, что Национальный институт здравоохранения США рекомендует рассматривать пол как переменную во всех клинических исследованиях. Например, это означает, что, если вы разрабатываете новый препарат от депрессии, СДВГ или болезни Альцгеймера, вы должны обязательно протестировать его

и на мужчинах, и на женщинах и понять, есть ли различия. Так как это редко происходит, можно сказать одно: мы знаем гораздо меньше о том, как работает женский мозг.

Мы столкнулись со множеством примеров, когда наиболее вероятным объяснением половых различий являются культурные особенности, а не все то, что происходит внутри нашего мозга. Однако мы, конечно, понимаем, что мозг мужчин и женщин незначительно, но различается и что гены, среда обитания и, в частности, гормоны определяют половые различия с самых ранних дней развития плода. Дает ли нам что-нибудь из этого понять, какой мозг нам нужен? Мы бы не стали так утверждать: все эти различия видны в среднем, при этом отмечаются большие, часто очень большие, совпадения в работе мужского и женского мозга во всем, что мы наблюдаем.

Может быть, вам это покажется странным, но самые основные элементы, определяющие разницу между полами – хромосомы X и Y, – играют не самую важную роль в работе мозга. Должно ли нас это удивлять? Не стоит забывать, что у человека двадцать три пары хромосом, при этом только одна пара различается у представителей разных полов. Таким образом, давление эволюционного отбора на каждую генетическую вариацию среди других двадцати двух пар скорее приведет к сходству, чем к различию между полами.

Также стоит отметить, что в ходе эволюции мозг может меняться двумя способами: появляется разница между полами или она сглаживается. Главные факторы эволюционного успеха, которые часто сокращают до полового отбора и воспитания, явно привели к обострению различий между мужчинами и женщинами, например в агрессивности и склонности заботиться о других. Но в иных случаях естественный отбор может быть полезен для развития вариантов мозга, поскольку это компенсирует значительные физические различия между полами. Если вы столкнулись с незнакомцем, который выше и сильнее вас, вам скорее поможет, если вы его очаруете, а не нападете на него. Как сказала Мэрилин Монро: «Дайте девушке хорошие туфли, и она сможет завоевать мир».

ВЗГЛЯД СО СТОРОНЫ

Доктор Лорен Вайс, доцент кафедры психиатрии в Калифорнийском университете в Сан-Франциско, США

Интересы Лорен Вайс сводятся не столько к каталогизации различий поведения людей, сколько к пониманию сложных и удивительных способов поведения генома человека. В частности, она хочет понять, что именно генетическая основа аутизма и других нарушений развития могут рассказать нам о половых различиях, наблюдаемых в этих условиях.

Для этого Лори героически ведет работу в лаборатории по двум разным направлениям. С одной стороны, она рассматривает, что можно узнать из статистического анализа наборов данных, содержащихся в ДНК у десятков тысяч пациентов с аутизмом. С другой стороны, она изучает все то, что можно увидеть под микроскопом в ходе кропотливых лабораторных экспериментов.

– Лори, ты пытаешься узнать, что означает различие в числе мужчин и женщин, страдающих аутизмом, для понимания того, как развивается аутизм. Но прежде всего скажи, действительно ли мальчики больше подвержены заболеванию, чем девочки?

– Хороший вопрос. Безусловно, есть вероятность, что аутизм у девочек и мальчиков выявляется по-разному и диагнозы ставятся на основе неодинаковых признаков. Мы знаем одно: любой из способов обнаружить аутизм подтверждает, что гораздо чаще он наблюдается у мальчиков, чем у девочек. Однако нет лабораторного анализа или биомаркера на аутизм. Он выявляется только на основе поведения. Поэтому мы не знаем, существуют ли девочки с аутизмом, у которых он не был выявлен и которые при этом не подходят ни под одну поведенческую модель, используемую нами.

Точно так же мы знаем меньше о женщинах: каждый раз, когда мы набираем участников или собираем образцы для исследования, у нас примерно в четыре раза больше мужчин, чем женщин, потому что

именно у настолько большего количества мужчин диагностирован аутизм. А раз то, как много мы можем узнать, зависит от величины выборки, это означает, что мы всегда будем знать больше о биологических механизмах и генетическом риске у мальчиков, чем у девочек.

– *Итак, что мы знаем о том, почему аутизм чаще встречается у мальчиков, чем у девочек?*

– Основная проблема в том, что мы до сих пор не знаем, почему это так! Однако у нас есть кое-какие идеи.

Один из блоков доказательств касался общих механизмов, с помощью которых гены контролируют развитие, и их различий в зависимости от пола. В одном из последних исследований мы посмотрели конкретно на участки генома, которые показывают разницу полов и связаны с размерами тела, поскольку у мужчин и женщин они сильно отличаются: это рост, вес, обхват бедер и талии. Эти участки расположены не на половых хромосомах, но они по-разному проявляются у мужчин и женщин: как правило, они никак не проявляются у одного пола и заметно выражены у другого. Мы взяли этот список вариантов генов и посмотрели, связаны ли они с риском возникновения аутизма, который при этом совершенно не имеет связи с физическими чертами, и оказалось, что так и есть. Таким образом, во-первых, мы нашли доказательства, что разница между полами в развитии аутизма существует и что она связана с общими механизмами развития представителей разных полов.

Во-вторых, мы поняли, что, похоже, женщины с аутизмом несут больше пагубных генетических изменений, чем мужчины. Это не относится к общим или небольшим различиям в последовательности нуклеотидов в ДНК, а только к таким изменениям, как дупликации и делеции^[10] больших участков генома. У женщин наблюдается больше таких изменений, а аутизм проявляется в более тяжелой форме, например, у них, как правило, ниже IQ. Это может свидетельствовать о том, что женщины менее подвержены аутизму, потому что для этого требуется более серьезная генетическая мутация (или другой фактор риска). Поэтому если это происходит, то форма аутизма, как правило, тяжелая.

Есть еще одна вероятность. Она заключается в том, что один и тот же генетический риск может проявляться в виде разных симптомов у мужчин и женщин. То есть у двух людей может быть одинаковая генетическая вариация, и у мужчины это может вызвать аутизм или СДВГ, а у женщины – расстройство пищевых привычек или тревожное состояние. Теперь, когда мы все больше знаем о генах, опасных с точки зрения развития тех или иных расстройств, в том числе психических, нам ясно, что существует значительная вероятность совпадения и что многие из этих генов могут привести не к одному расстройству.

– *Есть ли примеры, из которых очевидно, что генетические или экологические факторы риска по-разному влияют на девочек и мальчиков?*

– Хорошим примером этого являются RAS-патии (*RASopathies*). Это редкий класс генетических заболеваний, каждое из которых вызвано определенной мутацией в гене в клеточном сигнальном пути RAS-MAPK. Нам известно, что у высокого процента людей с RAS-патиями есть черты аутизма или аутизм: где-то между 10 и 50 %, в зависимости от конкретной мутации. Но в отличие от аутизма, если у вас есть одна из этих специфических мутаций, то и RAS-патии у вас обязательно будут, так что это более простая генетическая модель, которую мы можем использовать для исследования половых различий.

RAS-патии могут возникать в равной степени и у мужчин, и у женщин. Однако недавно мы обнаружили, что при некоторых из этих генетических мутаций аутичные черты гораздо более заметны у мужчин, в то время как при других они встречаются одинаково у обоих полов. Таким образом, это ситуация, когда известные генетические мутации влияют на конкретный пол, служа причиной аутичного поведения.

– Звучит многообещающе. Какой же следующий шаг этого расследования?

– У себя в лаборатории мы пытаемся разработать модель RAS-патий, что позволит нам проверить гипотезы о влиянии различных факторов риска в чашке Петри. Для этого мы берем клетки кожи у людей с RAS-патиями, а затем, используя специальные методы, превращаем эти клетки в стволовые, а затем – в нейроны. Это позволяет нам генерировать бесконечное количество нейронов, полученных из генома одного человека. Сейчас мы ищем способы измерения различий в том, как растут нейроны и как они проявляют те или иные гены, а также в их сигнальных свойствах. Следующий шаг – изучить возможные реакции нейронов на различные экологические или генетические влияния, которые, по нашему мнению, представляют интерес в рамках работы с аутизмом.

– Какой же мозг нам нужен, неужели весь, что у нас есть?

– Иногда, когда мы ищем данные здоровых добровольцев, мы видим большие делеции в геноме. Если бы мы столкнулись с ними как с пациентами, то сказали бы, что именно эти делеции и есть причина их проблемы. Но у этих людей нет никакого очевидного эффекта делеций, видимо, потому, что другие аспекты наследственности защищают или компенсируют их последствия. Нам известно, что при некоторых генетических расстройствах люди могут потерять участок генома, включающий до пятидесяти генов, и по-прежнему при этом ходить и говорить довольно хорошо.

4

«Период расцвета»: когда он наступает и как долго длится?

В мире физики 1905 год считается удивительным. Именно тогда Альберт Эйнштейн опубликовал четыре статьи, навсегда изменившие понимание некоторых физических явлений: он вывел формулу соотношения массы и энергии $E=mc^2$; изложил основы корпускулярно-волнового дуализма; разработал теорию броуновского движения, а также предложил теорию относительности. Ученому на тот момент было двадцать шесть лет, это как раз тот возраст, когда когнитивные процессы полностью развиты, но при этом мозг еще не начал стареть. Можно ли сказать, что это был «период расцвета» Эйнштейна с точки зрения развития неврологии и когнитивных процессов?

Говорят, что высочайшие таланты в области теоретической физики и математики делали свои самые лучшие открытия до тридцати лет. Несомненно, есть много примеров таких ранних вундеркиндов. Уникальность названных областей заключается в том, что в них простые познавательные способности могут значить намного больше, чем опыт. Маловероятно, что нейрохирурги, журналисты, руководители компаний, художники (да и в целом большинство из нас) добьются лучших результатов в первом десятилетии своей карьеры. По сути, есть доказательства, что если рассматривать определенные навыки, то самая большая разница между теми, кого можно назвать самыми лучшими, и теми, кого мы просто считаем довольно успешными, заключается в дополнительных часах практики, то есть в дополнительном опыте, который у них был.

Благодаря сочетанию опыта и биологически заданного плана наш мозг серьезно меняется на протяжении всей жизни. Мы рождаемся незрелыми и беспомощными и к старости становимся такими же беспомощными и доживаем до маразма. При этом все функции нашего мозга сначала проходят определенные этапы развития, а затем, если что-то не убивает нас, развитие идет в обратном направлении. Когда же мы доходим до стадии, на которой наш мозг «достаточно развит», и когда мы достигаем пика развития? В этой главе мы рассмотрим, как мозг растет и развивается, когда он достигает пика работоспособности и как долго он «достаточно развит» для того, что нам нужно.

Первые месяцы и годы жизни: почему младенцы беспомощны?

С рождения человеческие младенцы – довольно беспомощные создания. В отличие от детенышей других биологических видов они не могут спрятаться от опасности, не говоря уже о том, чтобы убежать от нее. Они не способны сами согреться или найти себе пищу. По сути, они вообще не могут никак

выжить самостоятельно. Чтобы найти компромисс между формой таза, с которым женщина может ходить вертикально, и максимальным размером головы, с которой младенец может пройти через такой таз, природа сделала так, что при рождении у человеческих младенцев тело и мозг развиты меньше, чем даже у наших ближайших родственников в животном царстве.

Довольно долго ребенок не может выживать в мире самостоятельно. Однако уже в первые несколько лет жизни он делает невероятные успехи, любой родитель с гордостью подтвердит это. Возьмем хотя бы язык: в первый год младенец вдруг начинает разбивать поток шума, произнесенного окружающими людьми, на отдельные слова, затем узнает смысл каждого из них и запоминает их сочетания. Уже через пару лет он будет регулярно узнавать и использовать несколько новых слов каждый день. Всего через несколько лет ребенок будет применять сложные системы символов, такие как рисунки, буквы и цифры, чтобы передать свои мысли другим и систематизировать информацию из окружающего мира. Это подвиг, на который не способно ни одно другое животное. Скорость развития мозга и его функций в первые несколько лет жизни человека действительно впечатляет, учитывая такой невыгодный с точки зрения биологии старт.

Поскольку мы не можем непосредственно наблюдать большую часть такого быстрого развития мозга, первые признаки, которые мы замечаем, – это новые физические и сенсорные способности: издавать звуки, распознавать предметы и подбираться к ним, первая улыбка. Все эти моменты происходят в довольно предсказуемой последовательности, поэтому, несмотря на то что некоторые малыши сначала делают первые шаги, а потом произносят первые слова, а другие наоборот, все дети начинают ходить до того, как научатся бегать, и сначала произносят отдельные слова, а потом – полные предложения. Эти ключевые этапы являются важными маркерами, поскольку свидетельствуют о том, что, как и мышцы, нервные цепи развиваются правильно и постепенно начинают работать все лучше. Чтобы понять, нормально ли развивается мозг в самом раннем возрасте, проще задать родителям вопрос о том, начал ли их ребенок ходить или говорить, чем пытаться оценить его психическую жизнь.

Так как в диапазоне нормального развития существует большая вариативность, мы не можем точно узнать, ждет ли великая судьба маленькую Анжелу, которая научилась ходить, когда ей было всего десять месяцев. Несмотря на то что нельзя ничего предсказать для конкретного человека, мы можем сказать, что в среднем у детей, которые прошли определенные этапы развития раньше в пределах нормального диапазона, как правило, структура мозга «лучше» (например, больше серого вещества) и у них более высокие оценки в тестах на познавательные способности даже много десятилетий спустя. А у некоторых из тех, кто отстает в раннем развитии, скорее всего, впоследствии будут и другие признаки атипичного развития, и в конечном итоге все может закончиться диагнозом расстройства, которое, как мы понимаем, будет отражать отклонения в развитии мозга, включая аутизм и шизофрению.

Когда мозг развивается как надо, ребенок, достигая ранних этапов развития, может значительно увеличить скорость познания окружающего мира. Еще до ползания, чем лучше он контролирует движения пальцев и рук, тем больше вещей он может потрогать, бросить или попробовать на вкус. Таким образом, развитие двигательных навыков помогает быстрее развивать другие сенсорные и когнитивные способности в цикле, называемом «последовательным развитием».

Именно поэтому многие родители, которые это понимают, покупают так называемые развивающие игрушки: они дают ребенку интересные объекты, которые стимулируют ребенка, что, в свою очередь, ускоряет развитие мозга.

Интересно, что недавно ученые из США исследовали вопрос, действительно ли взрослые способны вмешаться в развитие маленьких детей таким образом, и пришли к выводу, что это вполне возможно. Группа психологов набирала трехмесячных младенцев, которые еще не умели хватать близлежащие объекты, поскольку этот навык обычно появляется между четырьмя и шестью месяцами. Потом они две недели учили детей хватать предметы. Ученые использовали варежки, покрытые липучкой, цепляющей игрушки, за которыми тянулись дети. По истечении срока малыши, у которых были варежки

с липучками и которые, следовательно, успешно научились брать игрушки, больше были склонны к тому, чтобы пытаться схватить предметы даже без варежек. Кроме того, спустя год у них оказались гораздо лучше развиты навыки моторики и внимание, чем у тех, у кого на варежках не было липучки. Поэтому, если дать младенцам больше возможностей и стимулов для изучения новых объектов на столь раннем этапе жизни, у них будут преимущества в развитии мозга в долгосрочной перспективе.

Что же все-таки нормально для мозга?

Давайте ненадолго перейдем к техническим вопросам. Что же включает в себя нормальное развитие человеческого мозга? Начнем с того, что у всех позвоночных все происходит по одному и тому же сценарию. Мозг начинает развиваться примерно с третьей недели после зачатия. Сначала все клетки одинаковы, но постепенно они начинают меняться и становиться клетками определенного типа, и в конечном итоге образуются сложные структуры. Процесс контролируют сигнальные молекулы, которые, образно говоря, сообщают недифференцированным клеткам, куда пойти и кем стать. В первые несколько недель беременности мозг становится гладкой трубкообразной структурой со вздутиями в форме луковиц, которые потом становятся тремя главными отделами мозга (передним, средним и задним). На сроке в семь или восемь недель начинают вырабатываться нейроны и появляться отдельные структуры мозга, включая извилины и борозды (как мы уже отмечали ранее, это те самые гребни и канавки, которые видны на поверхности мозга; они образуются, когда мы «упаковываем» обширный внешний слой коры головного мозга в маленький череп).

В течение первых нескольких лет жизни человеческий мозг продолжает сильно меняться. Особенно важно, что меняется количество нейронных связей. У младенцев их намного больше, чем у взрослых, и многое из того, что происходит в мозге в подростковом возрасте, – это как раз постепенное сокращение связей. Можно воспринимать это как процесс повышения эффективности: менее нужные соединения ослабевают или исчезают, в то время как часто используемые укрепляются, благодаря чему образуется более простая и эффективная сигнальная система.

Еще один фактор, повышающий скорость и эффективность прохождения сигнала по различным путям в коре, – это миелинизация аксонов, длинных тонких частей нейронов, проводящих электрические сигналы к другим клеткам. Если вы помните, в главе 1 мы рассказывали, что миелин – это жироподобное вещество, которое покрывает аксоны и работает как изолянт на электропроводке^[11]: делает так, чтобы сигнал передавался как можно быстрее по аксону. Миелинизация происходит не сразу. И порядок, в котором миелиновые оболочки формируются вокруг отростков нервных клеток, становится понятным, когда мы смотрим на него с точки зрения работы новых функций у ребенка в процессе развития. Если не вдаваться в детали, пути, связанные с обработкой сенсорной информации, например передающие визуальные и слуховые сигналы, покрываются миелиновой оболочкой в первую очередь. Затем идут моторные пути, связанные с движением, а уже в последнюю очередь – корково-ассоциативные пути, имеющие отношение к интеграции информации и познавательным способностям более высокого уровня. Если говорить об их местоположении, то начинается миелинизация в спинном мозге и стволе головного мозга и постепенно движется к передним областям головного мозга. Ранняя миелинизация происходит еще до рождения, но большая часть – в первые несколько лет жизни.

Последними будут миелинизированы пути, находящиеся в префронтальной коре, то есть в самом переднем отделе мозга, отвечающем за познавательные функции высшего уровня. С точки зрения эволюции эта область увеличилась совсем недавно, и именно она отличает человеческий мозг от мозга других биологических видов. В отличие от большинства областей мозга префронтальная кора созревает только в старшем подростковом возрасте, а миелинизация путей в этой области может продолжаться, когда человеку уже за двадцать. Это говорит о том, что более сложные познавательные функции, зависящие от этой области мозга, также продолжают развиваться. Это такие функции, как кратковременная память – способность держать информацию в уме, пока вы как-то с ней работаете, – и аспекты контроля внимания, а также управляющие функции, например способность быстро выбирать и переключаться между разными раздражителями, привлекающими внимание. Эти функции достигают

пика у большинства людей уже в течение третьего десятилетия жизни, что подтверждает медленное созревание этой части мозга.

Как же развиваются разные познавательные способности и почему это происходит?

То, как развивается мозг, подсказывает нам порядок, в котором будут развиваться различные аспекты познавательной функции. Когнитивное развитие ребенка можно оценить уже в очень раннем возрасте. Несмотря на то что младенцы не могут нам рассказать, что происходит у них внутри, есть несколько приемов, разработанных специалистами по возрастной психологии, чтобы надежно оценить когнитивные различия между младенцами, а также изменения способностей по мере развития ребенка. Один из примеров таких приемов – визуальный интерес^[12]. Дети обычно дольше смотрят на новые для них вещи. Они как бы запрограммированы на то, чтобы незнакомые предметы считать более интересными, что является разумной стратегией познания мира. Психологи используют это качество. Они помещают два предмета в область зрения ребенка, а затем измеряют, на что он смотрит дольше. Таким образом можно проверить, используя объективные критерии, различает ли ребенок, например, знакомого человека на фотографии и того, кого он никогда не видел раньше, или помнит ли он предмет, который ему показали за несколько минут до того. Поэтому такие способности, как различение форм, предметов и звуков, а также их запоминание, можно проверить в самом начале жизни.

Первым, кому удалось описать когнитивное развитие человека в более широком смысле, был швейцарский психолог Жан Пиаже, живший в первой половине XX века. Пиаже считал, что есть четыре основные стадии когнитивного развития, между которыми при переходе с одной на другую видны явные различия. На первой, «сенсомоторной», стадии младенцы еще не могут пользоваться языком, и они узнают о мире через физическое взаимодействие с ним. На «дооперационной» стадии, которая длится примерно с двух до семи лет, у детей формируются определенные концепции, они начинают рассуждать и удивляться, почему все именно так, как есть. Тем не менее им трудно понять какие-то вещи, находящиеся за пределами их собственного понимания мира, их логика часто ошибочна. На стадии «конкретных операций» (примерно от семи до одиннадцати лет) способность детей рассуждать о реальных (конкретных) событиях формируется полностью, однако они по-прежнему не могут полноценно анализировать гипотетические события. Это последняя способность, формирующаяся на стадии «формальных операций», которая характеризуется появлением новых навыков, например абстрактного мышления и метапознания (осознания процесса мышления).

Пиаже первому удалось описать последовательность стадий постепенного развития познавательных функций. Эта теория до сих пор считается довольно точным описанием развития ребенка, хотя последующие эксперименты и современная нейробиология позволили нам подробнее рассмотреть разные аспекты развития в различных областях работы мозга. В частности, со времен Пиаже мы очень много узнали о том, как лучше классифицировать те или иные когнитивные функции и от каких нейронных сетей и участков мозга зависит каждая из них.

Один из аспектов, почему теории Пиаже считались новаторскими, состоял в том, что ученый описал ребенка как активного ученика, самостоятельно обновляющего свои знания о мире, изучая новое. Это звучит логично, но возникает вопрос: что же ограничивает скорость изучения нового? Неужели нужно просто накопить определенный опыт и иметь некие возможности, чтобы перейти на следующую стадию? Или способность ребенка учиться в конечном счете зависит от размера структур или связей в развивающемся мозге, или от их зрелости, или от соответствия определенным целям?

Чтобы ответить на эти вопросы, давайте рассмотрим, как развивается язык, самый главный навык, отличающий человека от других видов. В большинстве культур дети с самого рождения слышат человеческую речь. По сути, есть доказательства, что вторя и радуясь, когда малыш начинает гулить, мы инстинктивно даем ему множество стимулов, которые помогают ему на самых первых этапах овладения языком. Очевидно, что язык, которым вы в конечном итоге овладеваете, полностью зависит от среды,

где вы находитесь. То есть у нас, людей, хорошо получается учить языки, но мы не «запрограммированы» на изучение какого-то конкретного языка.

Также мы знаем, что есть критические периоды, в течение которых мозг особенно чувствителен к некоторым аспектам языка. Например, все дети различают на слух звуки «р» и «л», однако взрослые, в раннем возрасте не слышавшие их, например японцы, не могут различить эти звуки. Поэтому считается, что есть период пластичности мозга, когда человеку нужно услышать эту разницу. На примере детей, воспитанных в неблагоприятных условиях, которым не уделяли должного внимания или даже подвергали жестокому обращению, мы видим, что им трудно научиться свободно использовать грамматику языка, если в период до полового созревания они не слышали грамматически правильной речи. И многие из нас могут подтвердить, что чем позже мы начинаем учить второй язык, тем труднее нам его выучить и меньше вероятности, что получится освоить его на хорошем уровне.

Есть некий биологический фактор изучения языка или по крайней мере период, когда человеческий мозг особенно пригоден для его развития. Это может быть связано с тем, что в начале жизни мозг пластичнее. Возможно, от этого особенно зависит успех изучения языка. Или наоборот, изучение языка может быть связано с какими-то специализированными нервными структурами, с помощью которых язык закрепляется в мозге.

Если посмотреть на мозг сверху, кажется, что он симметричен – состоит из двух половин, называемых полушариями, между которыми проходит глубокая канавка. В процессе развития многие функции мозга оказываются связаны с определенным полушарием. Примерно у 90 % правшей и 50 % левшей с точки зрения развития языка доминирует левое полушарие. Это означает, что в доминирующем полушарии развиваются две важные языковые области – область Брока в лобной доле и область Вернике в задней части головного мозга. Повреждение этих областей ведет к проблемам с различными аспектами языка. Как правило, если повреждена область Брока, то люди испытывают проблемы с воспроизведением речи, а если область Вернике, то с пониманием и усвоением.

Развитие языка – это прекрасный пример того, насколько сложен и специфичен человеческий мозг. Но, если прочитать книгу Стивена Пинкера «Язык как инстинкт», становится ясно, что язык действительно свойствен только человеку и является его особенностью. Поэтому не очень правильно рассматривать его как пример развития типичных функций мозга. Чтобы ответить на наш вопрос о том, когда же мозг достигает пикового развития, нам нужно рассмотреть более общую функцию мозга.

«Век живи – век учись»

Если овладение языком – неудачный пример, чтобы понять, какой мозг нам нужен для развития, давайте тогда рассмотрим процесс обучения и память. Существует множество разных форм памяти, о которых говорят психологи, и их можно очень по-разному классифицировать. Например, по времени: кратковременная память может работать от нескольких секунд до нескольких минут, а долговременная хранит воспоминания всю жизнь. Или по способу использования памяти: эпизодическую память вы используете, когда вспоминаете события, свидетелем которых стали (что, где, кто), а процедурную память – когда придерживаетесь уже освоенных навыков, например завязываете шнурки или едете на велосипеде.

Если рассматривать разные формы памяти, то люди овладевают большинством из них далеко не лучше других биологических видов. Многие животные намного превосходят людей, например в развитии ассоциативного обучения, то есть они лучше понимают связи между двумя определенными событиями или сигналами. Вспомните хотя бы собаку Павлова, которая начинала истекать слюной, когда слышала звонок, или веселого лабрадора, который четко знает, что, если кто-то обувается сразу после завтрака, значит, он пойдет гулять. Как показывает опыт, многие другие виды отлично обучаются этому, например голуби: их можно научить довольно легко различать предметы сложной формы и понимать, есть внутри еда для них или нет. То же самое с маленькими детьми, и это может подтвердить всякий, кто играл с шестилетками в игру, где нужно запомнить расположение одинаковых карточек. По сути, этот навык

развивается, и пик его приходится на ранний период жизни человека, поэтому разница между шестилетним ребенком и тридцатилетним человеком заметна лишь слегка. Итак, если голуби, маленькие дети и лабрадоры смогли запомнить связи посредством сигналов и вознаграждений, можно ли сделать вывод, что для этой формы памяти не нужен настолько развитый мозг и такие сложные нейронные сети, чем, скажем, для языка?

Один ответ можно дать исходя из того, что происходит в жизни на более поздних этапах. После сорока лет способность создавать новые ассоциации снижается, сначала постепенно, а затем все быстрее. Особенно это касается форм памяти, за которые отвечает гиппокамп, например способности связывать предметы и местоположение («Где я оставил свои ключи вчера вечером?»). Подобные провалы в памяти характерны для ранних стадий болезни Альцгеймера, которая обычно начинается именно в этой области мозга, хотя довольно часто наблюдаются у здоровых пожилых людей. Если представить себе кривую навыка ассоциативного обучения людей, то пикового положения она достигнет рано, потом в течение примерно тридцати пяти лет будет идти без изменений, а с пятого десятилетия устремится вниз.

В противоположность этому языковые навыки со временем укрепляются. Если бы мы построили график того, как изменяется ваш словарный запас с течением жизни, он выглядел бы совсем по-другому. Быстрее всего мы запоминаем новые слова в первые годы жизни, но в целом словарный запас продолжает увеличиваться, поскольку мы сталкиваемся со все большим количеством слов: слушая радио и смотря телевизор, в разговорах с людьми и в книгах, которые читаем. В английском языке, в отличие от некоторых других языков, не всегда существует прямая корреляция между тем, как слова пишутся и как произносятся. Поэтому один из способов оценки величины словарного запаса – дать человеку список слов, которые читаются не по правилам (например, *yacht* – яхта, *cough* – кашлять, *though* – хотя), и попросить их прочитать вслух. Очевидно, что это тест на один конкретный вид памяти, и можно предположить, что он станет хуже с возрастом, как и другие. Однако этому виду памяти не страшно не только «нормальное» старение, но и многие нейродегенеративные болезни. Более того, этот тест психологи и неврологи традиционно проводят, когда хотят получить представление о предыдущем уровне интеллектуального развития человека при оценке степени повреждения мозга после травмы или при деменции, потому что такая память действительно не страдает от заболеваний.

Когда же работа мозга взрослого человека идет на спад?

Даже в середине жизни, когда нам кажется, что мы уже особо не развиваемся, но и до упадка еще далеко, мозг не стоит на месте. Учитывая, насколько рано у нас развиваются функции, связанные с воспроизведением потомства, интересно отметить, что некоторые аспекты работы мозга продолжают совершенствоваться, даже когда нам хорошо за двадцать. Другие процессы, происходящие в мозге, которые мы считаем в целом нормальными и полезными, продолжают даже позже. Например, количество белого вещества увеличивается до среднего возраста, а затем не меняется, пока мы постепенно теряем серое вещество. С раннего возраста кора начинает истончаться, однако примерно с пятидесяти пяти лет процесс сильно ускоряется, и у мозга пожилого человека более узкие хребты и более широкие бороздки извилин. Другими словами, наш мозг сжимается: он становится легче и меньше по объему, а желудочки (полости, заполненные спинномозговой жидкостью) становятся больше. Когда нам за двадцать, мужской мозг весит около 1,4 кг, а женский – примерно 1,3 кг. После сорока лет усадка мозга происходит быстрее. У мужчины в шестьдесят пять лет мозг весит около 1,3 кг, а в девяносто – примерно 1,2 кг.

Про макроуровень, пожалуй, достаточно – что же по поводу микроуровня? Да, там все тоже не так уж радужно. Нейроны в более старом мозге меньше по размеру и сеть их проще. Даже для здоровых пожилых людей это обычное явление: появляются признаки повреждения мозга, например белковые «бляшки», связанные с болезнью Альцгеймера, или микроскопические кровотечения – признаки повреждения сосудов.

Одни структуры теряют больше клеток, чем другие. Например, в гиппокампе происходят значительные возрастные изменения даже среди тех, у кого нет деменции. Лобные доли, особенно префронтальная кора, теряют больше всего клеток, и в них сильнее ослабевают связи внутри и между областями.

Функциональные последствия этих изменений, видимо, лежат в основе того, что мы считаем «нормальным» старением с когнитивной точки зрения: например постепенное ухудшение памяти, которое мы замечаем еще в среднем возрасте.

На первый взгляд довольно легко понять, как развивается каждая когнитивная функция с возрастом, однако на самом деле, как ни удивительно, это не так. Увидеть, как функции меняются с течением времени, можно двумя способами, но оба имеют свои недостатки. Например, можно взять маленького ребенка и проводить всестороннюю проверку его когнитивных способностей, скажем, в течение восьмидесяти пяти лет, и посмотреть, как результаты меняются со временем. Это сложно, и дорого, и требует, чтобы ученые и их спонсоры проявили терпение и не были настроены на получение немедленных результатов. Есть и другие научные проблемы. Или, например, если вас интересует способность к математике, то как вы измеряете ее у людей разных возрастов? Понятно, что нельзя задать пятилетнему ребенку те же вопросы по математике, что и восемнадцатилетнему. Пятилетнего можно попросить решить простой пример на сложение, а восемнадцатилетнего – дифференциальное уравнение. Однако трудно сказать, используют ли они оба один и тот же базовый навык. При этом вполне возможно, что одни дети из тех, кому легко даются простые математические операции вроде сложения, продолжают делать успехи в алгебре, а другие никогда не осилит ее. Таким образом, сравнивать людей разных возрастов лучше всего тогда, когда есть основной навык, который можно измерить с помощью одной и той же метафорической линейки в каждом возрасте, например умение играть в игры, где нужно запоминать последовательность карточек, или скорость печатания.

Измерить таким же образом навыки на протяжении всей жизни можно гораздо быстрее, если составить возрастной портрет. Для этого надо попросить людей разных возрастов сделать одно и то же задание и найти среднее значение по возрасту, а не исследовать отдельных людей в течение всей их жизни. Проще заставить человека сделать когнитивный тест один раз, чем просить его каждый год возвращаться к нему восемьдесят раз, поэтому есть вероятность убедить участвовать в исследовании более представительную выборку. При этом, если каждый человек примет участие в тестировании только один раз, на результат не будут влиять такие факторы, как, например, преимущество постоянной практики. Однако у единовременных исследований есть и обратная сторона. Сейчас у пятилетнего ребенка уже совсем другой жизненный опыт, чем был в пять лет у того, кому сейчас восемьдесят лет. *Тот* пятилетний ребенок пережил войну, он получал определенную пайку еды, отца его либо просто не было рядом, либо он и вовсе погиб. В то время не было ни телевизора, ни iPad, ни развивающих мультфильмов *Baby Einstein*. Люди повсеместно болели туберкулезом и полиомиелитом. Перед тем как перейти к нашему (вымышленному) исследованию, этот пятилетний ребенок пережил гораздо больше опасных для жизни и здоровья моментов, чем современные пятилетние дети. И наоборот, у сегодняшнего пятилетнего ребенка есть другие проблемы, которые повлияли или же не повлияли на развитие его мозга. У современного пятилетки в среднем меньше братьев и сестер, у которых он чему-то учится, с которыми соревнуется. Его мать и отец могут не состоять в браке или вообще не жить вместе. У него гораздо больше шансов получить диагноз «аутизм», «СДВГ», «астма» или «пищевая аллергия», и он гораздо более склонен к полноте.

Все это имеет значение, потому что, когда мы сравниваем восьмидесятилетнего человека с пятилетним ребенком, мы оцениваем не только разницу в возрасте, но и разницу в факторах внешней среды. У мальчика, родившегося в 1935 году, ожидаемая продолжительность жизни составляла около шестидесяти лет, при этом можно предположить, что тот, кто родился сегодня, будет жить примерно на двадцать лет больше. Средний рост взрослых мужчин за последние 150 лет увеличился примерно на один сантиметр за десятилетие. Считается, что увеличение средней продолжительности жизни и роста отражает благоприятные тенденции: большую сопротивляемость организмов болезням и улучшение питания, особенно в детстве.

Возможно, вас не удивит, что те же самые тенденции наблюдаются и в работе мозга от поколения к поколению. Стандартный способ определения когнитивных способностей человека – измерить его коэффициент умственного развития (IQ), который определяется по шкале со средним значением в 100

баллов. Есть масса интересных и достойных обсуждения аргументов за то, что на самом деле значит интеллект и как лучше всего его измерить, но большинство тестов на IQ предполагают, что вы несколько часов будете сидеть с карандашом и бумагой и выполнять задачи, проверяющие ваше умение понимать слова, считать и абстрактно мыслить. Наиболее распространенные тесты, например шкала интеллекта взрослых Векслера (*Wechsler adult intelligence scale, WAIS*), включают десять или более отдельных тестов, результаты которых суммируются и типизируются в зависимости от возраста, и по ним определяется общий уровень интеллекта. С нашей точки зрения, самое интересное, что средние результаты тестирования населения в каждом поколении становятся все лучше. Вероятнее всего, за последнее столетие в Европе и Америке IQ вырос на три балла за десятилетие. Это огромный результат: он означает, что тот, кто пятьдесят лет назад был Мистером Середнячком, когда ровно половина населения была лучше его, а половина – хуже, сейчас обнаружил бы, что лучше его уже 84 % современного населения. Какие-то изменения IQ в лучшую сторону могут быть совсем не связаны с работой мозга, а например со знакомством с форматом теста, но, учитывая другие изменения, которые параллельно происходят в отношении физического развития, можно предположить, что хотя бы отчасти это обусловлено тем, что мозг стал более увесистым, работоспособным, да и просто увеличился в размерах.

Подъемы и спады познавательных процессов

Задавая вопрос о том, насколько разные функции мозга меняются с возрастом, нам интересно, какие изменения происходят в мозге одного человека и что меняется со временем в человеческом мозге в целом. К последнему пункту мы еще вернемся в следующих главах, а сейчас давайте обратимся к первоначальному вопросу этой главы: когда же наш мозг находится в самой лучшей форме для развития познавательных способностей?

Вероятно, самую серьезную попытку ответить на этот вопрос предприняли два исследователя из Гарвардского университета, Джошуа Хартшорн и Лаура Гермин. Они получили очень разные результаты о познавательных способностях почти 50 000 добровольцев и рассмотрели возрастную группу, где производительность достигала максимума для каждой функции, которую они выделяли.

Как и следовало ожидать, способности выполнять задания, где необходим жизненный опыт или для которых нужно постепенно накапливать информацию, достигли пика в довольно поздний период жизни. Например, тесты на словарный запас или общие знания лучше решали те, кому было около пятидесяти. При этом тесты, которые лучше выполняли молодые люди, основывались на обработке данных, а не на опыте, и в них требовалось использование кратковременной памяти, способность быстро переключаться между задачами, а также абстрактное мышление. В этом эксперименте все подобные задачи лучше всего выполняли те, кому было около двадцати пяти. Так что, учитывая разницу в областях знаний, возможно, интеллектуальные способности Эйнштейна были на пике, когда ему было за двадцать, а Шекспир, умерший в свой пятьдесят второй день рождения, до конца жизни мог бы совершенствовать свои умственные способности там, где это имело для него значение.

«Но что же происходит после пятидесяти?» – спросите вы. По крайней мере в этом исследовании все когнитивные функции без исключения ухудшились у участников с наступлением этого возраста. Интересно, что во втором опыте, участники которого были набраны и протестированы через интернет, словарный запас не достигал пика примерно до шестидесяти пяти лет. Одна из возможных причин такого различия заключается в том, что пожилые пользователи интернета представляют собой людей, которые и в более поздний период жизни продолжают принимать участие в интеллектуальных мероприятиях, где постоянно учатся новому.

8 ноября 2016 года население США отправилось выполнить, вероятно, самое полезное дело на свете: выбрать очередного президента. Выбор на эту главную роль был между Хиллари Клинтон шестидесяти девяти лет и семидесятилетним Дональдом Трампом. Победил второй кандидат, став при этом самым возрастным президентом за всю историю США. Выше мы привели доказательства, из которых ясно, что практически все когнитивные функции начинают идти на спад задолго до этого возраста. Тем не менее

среди самых высоких чинов мировой политики, как и в большинстве других отраслей, преобладают люди, которые по этим критериям уже давно не в лучшей форме. Почему это происходит? Одна из причин заключается в том, что, хотя когнитивные функции и замедляются в более поздний период жизни, преимущество получают те, у кого больше опыта в конкретной роли или отрасли. Может быть, человек более склонен принять оптимальное решение, если обладает более глубокими знаниями в конкретном вопросе или у него было больше шансов ранее столкнуться с подобной ситуацией. Кроме того, по мере снижения когнитивных навыков пожилые работники вынуждены принять стратегию, в большей степени опирающуюся на повторное использование знаний, полученных из предыдущего опыта.

Большую часть рабочего времени мы проводим в сложно организованном с технической и социальной точки зрения мире. Здесь трудно понять, меняем ли мы с возрастом тактику поведения. Однако в более контролируемой среде можно найти доказательства того, что по мере взросления мы используем различные когнитивные стратегии, а иногда и различные нейронные сети, чтобы выполнить одну и ту же работу. В другом интернет-исследовании, включающем более 10 000 человек в возрасте от десяти до семидесяти лет, участникам нужно было смотреть в течение четырех минут, как черно-белые фотографии постепенно расплываются и переходят одна в другую. Задача состояла в том, чтобы определить, был ли на фотографии городской пейзаж или горный, о чем они сообщали нажатием клавиши. На основе такого простого теста исследователи рассчитали четыре различных критерия когнитивной функции. Два из них отражают, насколько хорошо участник подходит к задаче или, проще говоря, насколько точным и последовательным он был, определяя, что изображено на фотографии. Два других критерия отражают не умение, которое проверяли в задании, а скорее отношение участников к нему: как быстро они реагировали, когда картина начала меняться, и насколько хотели ответить, когда испытывали неопределенность. Два последних критерия дают нам представление о том, как по-разному люди могут подходить к такого рода задаче: будете ли вы нажимать на кнопку, как только уловили небольшое изменение, или же подождете до тех пор, пока не будете действительно уверены?

Как же возраст влияет на эти аспекты? Два первых критерия, отражающие способность выполнять задачу, показали обычную кривую рабочей характеристики на протяжении всего срока службы. Показатели резко улучшались в возрасте с десяти до шестнадцати лет, затем, с шестнадцати примерно до сорока пяти, улучшение шло гораздо медленнее, после чего они начали ухудшаться. Однако картина для двух других критериев, связанных со способом решения задачи, была совершенно иной: наиболее «рискованные» или «импульсивные» ответы наблюдались у участников среднего подросткового возраста, когда вероятность нажать на кнопку в момент изменения картинки, была самой большой. Участники более старшего возраста вели себя линейнее или консервативнее, и ответы их становились менее импульсивными.

Четырехминутный онлайн-тест на познавательные способности вряд ли можно назвать самым интересным занятием, но есть мнение, что и самым сложным его не назовешь. Большинство из нас решают проблемы, с которыми мы сталкиваемся на работе, совсем не с помощью одного лишь интеллекта. Нам необходима способность использовать его в сложных социальных условиях, где важны и другие способности – влиять на окружающих людей, поддерживать их, понимать подтекст, справляться с ожиданиями и приходить к общему мнению. Поэтому второе возможное объяснение, почему начальники в организациях, как правило, старше по возрасту, заключается в том, что за всю жизнь они научились применять эмоциональные или социальные навыки лучше, чем их более молодые коллеги.

Социальные и эмоциональные навыки – очень интересные аспекты функции мозга. Они развиваются относительно независимо от основных когнитивных областей, которые мы рассматривали до этого. Дети выражают эмоции на лице так, что мы узнаем их независимо от культуры, в которой они воспитаны, поэтому считаем, что это врожденное поведение. К трем месяцам младенцы умеют различать счастливое, удивленное и сердитое лицо, и это настоящий подвиг, учитывая, насколько незрелая у них зрительная система при рождении. Примерно в год ребенок начинает воспринимать

выражения лиц других людей в качестве сигналов для интерпретации значимости событий, происходящих вокруг них.

Однако существует разница между распознаванием эмоций других людей и способностью взаимодействовать со своими собственными или контролировать их. И с точки зрения последнего аспекта считается, что у пожилых людей это получается гораздо лучше. Сьюзан Чарльз и Лора Карстенсен, исследовательницы из Калифорнии, предположили, что пожилые люди также могут лучше настроиться на эмоциональные аспекты заданий, а молодые часто игнорируют их, демонстрируя при этом меньше активности в нейронных сетях, связанных с эмоциями. По мере взросления «чистые» (не связанные с эмоциями) когнитивные сети становятся менее эффективными. Это затрудняет игнорирование или подавление эмоциональных аспектов информации или решений. Например, вам может быть сложнее отказаться от предложения делать что-то, чего вам не хочется, потому что вы лучше распознаете чувства человека, который вас об этом просит. И наоборот, если обрабатывать информацию медленнее, то появится больше времени для размышлений и учета эмоциональных аспектов проблемы, исходя из чего можно принять более мудрое решение.

Сколько живет мозг?

Очевидно, что некоторые функции мозга оптимизируются в первые несколько лет жизни, а другие улучшаются в течение многих десятилетий. Фараону Тутанхамону было девять лет, когда он вззошел на трон, и его девятилетний период правления считается весьма успешным. Возможно, нам сейчас не хочется, чтобы подростки управляли государствами или даже компаниями. Но еще совсем недавно в истории человечества продолжительность жизни и старость были сильно ограничены такими факторами, как доступность продовольствия, болезни и физическая немощь, так что независимо от того, сколько бы прожил мозг, это не очень повлияло бы на выживание или качество жизни. Теперь, когда мы живем и, что еще важнее, работаем гораздо дольше, чем раньше, нам, вероятно, необходимо лучше распознавать все пики и спады разных функций мозга в течение всей жизни, поскольку это может оказаться ключевым для того, чтобы понять, как наслаждаться интеллектуальной жизнью и иметь широкий кругозор. Первичная когнитивная производительность, свойственная молодым людям, не может быть одинаковой в течение жизни, и вместо того, чтобы оплакивать ее потерю в связи со старением, нужно пользоваться преимуществами, которые нам могут принести накопленные знания и изменение их использования. Если не брать в расчет первые несколько лет детства, то можно сказать, что уже с довольно раннего возраста наш мозг достаточно хорош для того, чтобы мы могли жить и успешно развиваться. И если повезет, он останется таким по крайней мере в течение библейских семидесяти лет – «трижды по двадцать и десять», несмотря на постепенное замедление работы и сокращение объема мозга.

Итак, теперь мы кое-что знаем о том, как наш мозг меняется с возрастом; но возраст – не единственное, что может привести к трансформации познавательных функций. Теперь давайте поговорим о том, что еще воздействует на наш мозг.

5

Плохие и хорошие времена: как меняется работа мозга?

Теперь у Салли есть «умные часы», и, согласно данным, прошлой ночью она спала 7 часов 23 минуты, причем 3 часа 7 минут пришлось на глубокий сон в БДГ-фазе^[13]. Утром до завтрака она пробежала 5 километров, компенсировав при этом 450 калорий, включая 18 граммов белка. Двадцать минут назад она выпила вторую чашку кофе. Салли включает компьютер и начинает работать, и ей кажется, что сейчас она на пике продуктивности. Так ли это?

В предыдущей главе мы говорили о том, как по мере созревания человеческого мозга в течение всей жизни меняется схема его оптимальной работы, а также какие изменения в структуре мозга на макро- и микроуровне происходят следом за постепенным процессом развития и спада. Итак, мы уже знаем, что мозг – динамичный орган. Но насколько? Когда после трудного совещания нам кажется, что мы

тупеем или никак не можем сосредоточиться утром после вечеринки, действительно ли это отражает разницу, которую можно оценить с точки зрения того, хорошо ли работает мозг? В этой главе мы разберемся, насколько изменчива нормальная функция мозга, а также как то, что мы делаем и чего не делаем, влияет на пики и спады его функции из года в год и в каждый конкретный момент.

Как оценить изменения работы мозга

Чтобы понять, как именно работает мозг в тот или иной момент, нам необходимо измерить показатели его активности. Вы уже поняли, что оценить работу мозга живого человека – не самая простая задача. Прежде всего мозг хорошо защищен от окружающей среды – во-первых, черепом, во-вторых, мускулатурой, кожей и волосами, поэтому мы не можем его увидеть или потрогать. Также мы не можем рисковать нарушением его целостности при работе с хирургическими инструментами ради непосредственного контакта, хотя здесь бывают исключения. Вместо всего этого мы разработали ряд неинвазивных методов, позволяющих оценить определенные аспекты работы мозга.

Методы, благодаря которым мы можем построить изображения структуры головного мозга (или же того, как двигаются внутри какие-то его составляющие, например кровь), называются нейровизуализацией. Наверняка вы видели снимки с аппаратов КТ или МРТ, немного похожие на рентгеновские, но сделанные так, чтобы показать различия между типами тканей разной степени мягкости, а не твердых костей. На этих снимках мы видим структуру мозга и можем их использовать для измерения основных изменений, таких как усадка, вызванная старением, или повреждения из-за инсульта, опухоли и черепно-мозговых травм.

Если мы сделаем несколько повторных снимков мозга в динамике, а затем отдадим данные этих изображений очень умным людям для статистической обработки, то сможем увидеть, что меняется в мозге за определенный период. Именно на этом основан метод функциональной МРТ (магнитно-резонансной томографии, фМРТ), где в течение нескольких минут делают несколько сотен изображений, чтобы увидеть, как меняется кровоток в мозге. Если говорить немного конкретнее, на фМРТ изучают, как кровь (на самом деле кислород, который переносится гемоглобином в крови) перемещается в разные области мозга. Мы предполагаем, что области, нуждающиеся в конкретный момент в большем количестве кислорода, работают усерднее. Так, например, сравнив снимки фМРТ, сделанные во время решения двух разных математических задач – одной легкой, другой более сложной, мы выяснили, какие области мозга работают больше или подключаются дополнительно при решении более трудной задачи. Есть и другие способы оценки функции мозга, они не требуют, чтобы вы находились внутри сканера, и поэтому их можно использовать, когда у вас нет доступа к огромному и дорогостоящему оборудованию. Одним из распространенных способов является электроэнцефалограмма (ЭЭГ). Сейчас в Кремниевой долине молодые компании строят красивые и ужасно привлекательные на вид ЭЭГ-устройства, однако стандартное устройство ЭЭГ для научных исследований обычно состоит из чего-то похожего на тубетейку с торчащими из нее проводами. В эту шапочку встроено несколько десятков электродов, которые устанавливают непосредственно на волосистой части головы, иногда смазывая специальным гелем, чтобы обеспечить лучшее сцепление кожи с электродом. Смысл ЭЭГ в том, что она показывает положение и скорость электрических волн по мере того, как они проходят в мозге. Эти волны отражают, сколько нейронов «включаются» в различных областях мозга. Из-за костей и плоти, расположенных между мозгом и электродами, этот метод считается не самым достоверным способом измерения активности мозга в отличие от МРТ. Но ввиду того, что электрическая активность происходит быстрее, чем течет кровь, данные ЭЭГ показывают время деятельности мозга гораздо точнее, чем МРТ.

Существует еще третий способ измерения активности мозга, который действует не так направленно, как МРТ или ЭЭГ, но часто дешевле и проще, поэтому используется в психологических экспериментах. Здесь волонтеров просят решить задачу или головоломку, которую за несколько десятилетий использования доработали и подогнали под стандарты. Долгая история применения означает, что мы знаем уже очень много о нейробиологии каждого такого задания: какие области мозга или сети необходимы для его выполнения, как различные факторы, такие как работа, возраст, пол и образование,

вливают на ход решения, демонстрируют ли пациенты с определенными расстройствами какие-то сбои при решении задачи, а также может ли тот или иной препарат улучшить или ухудшить производительность.

Одна из наиболее часто используемых задач – «Ханойская башня», или «Лондонский Тауэр». Изначально она выглядела как простая детская игра. Деревянные диски разного диаметра нужно надеть на один из трех стержней по размеру так, чтобы самый маленький диск оказался сверху, а наибольший – снизу. Цель игры: переместить все диски на один из оставшихся стержней, соблюдая три правила: за один ход можно переместить только один диск; диск меньшего размера никогда не может быть под большим; со стержня можно снять только самый верхний диск. Если в игре только три диска, эта задача относительно проста и решается минимум в семь ходов. Но решить эту головоломку с семью или восемью дисками намного сложнее.

«Ханойскую башню» придумал французский математик Эдуард Лукас в 1883 году как математическую задачу. Ее можно решить, планомерно следуя математической стратегии. Решается она всегда в $2^n - 1$ ходов, где n – количество дисков. В 1980-е годы «Ханойскую башню» несколько изменил исследователь из Лондона Тим Шалис и назвал ее «Лондонский Тауэр». Задача основана на тех же принципах, что и «Ханойская башня», но, ставя перед участниками эксперимента разные цели, можно использовать ее несколько раз для проверки определенных аспектов познавательной деятельности. Шалис сделал вывод, что люди с травмами головного мозга, затрагивающими лобные доли, испытывали сложность при выполнении этого задания, и последующие исследования на здоровых участниках, помещенных в сканер, подтвердили, что в данном случае активизируются участки префронтальной коры. Большинству людей, не занимающихся математикой, чтобы решить подобную головоломку, нужно разработать план или стратегию, а затем внимательно следить за тем, что они делают, используя кратковременную память. Поскольку это ключевые функции префронтальной коры головного мозга, неудивительно, что люди справляются с такой задачей, когда эта область мозга работает у них лучше всего, и что детям и пожилым, а также людям с расстройствами, например с шизофренией и СДВГ (которые влияют на этот участок), решить задачу труднее.

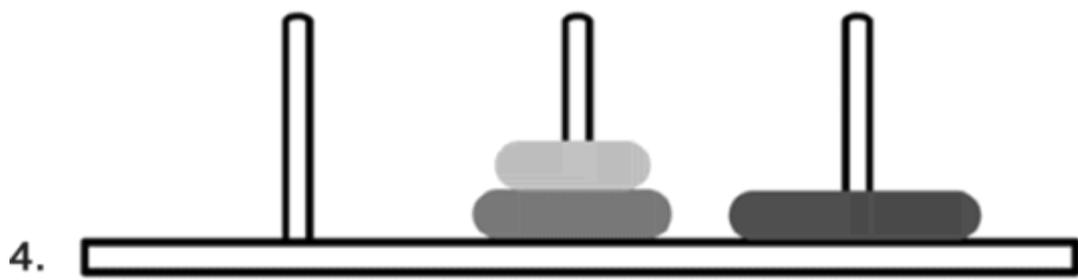
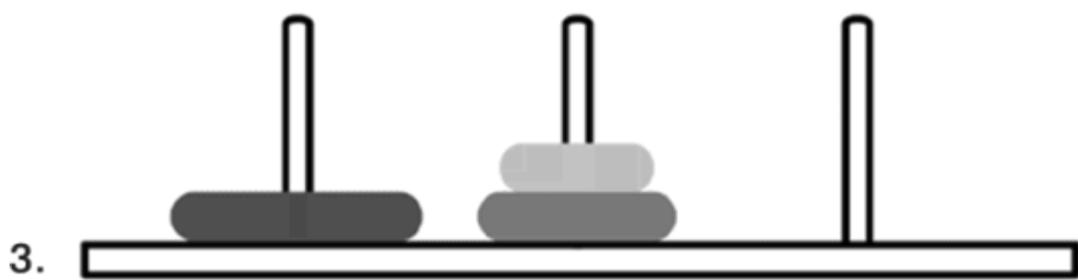
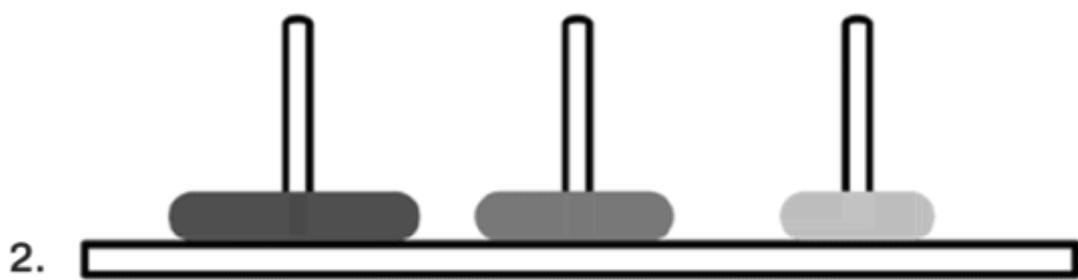
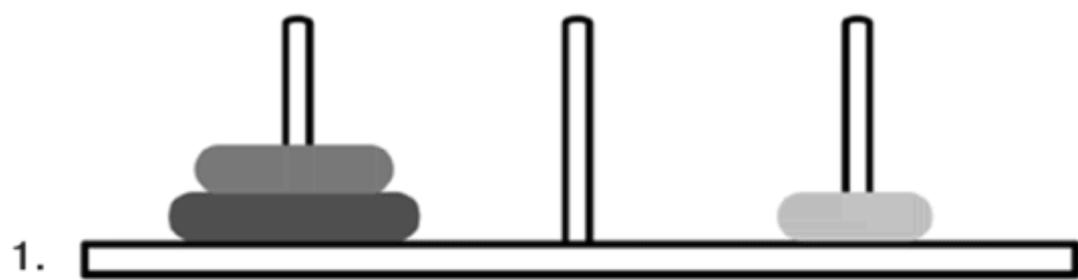
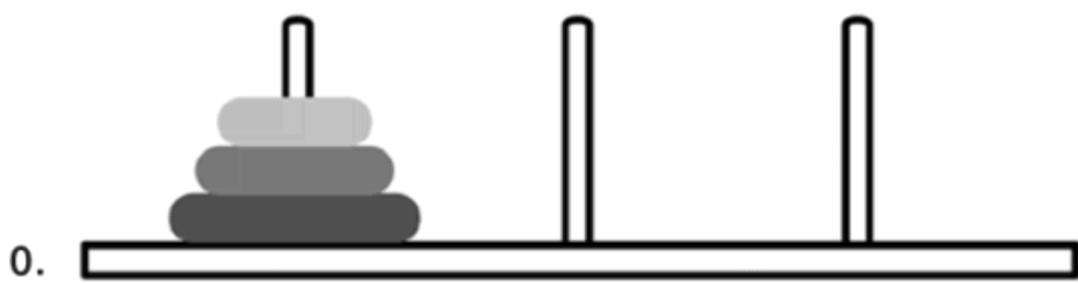


Рис. 5. «Ханойская башня»

Обратите внимание, что активность мозга не оценивается непосредственно при выполнении задания. Выводы делаются на основе того, что известно из предыдущих исследований, при этом ученые учитывают ответы или реакции участников. Несмотря на то что все это совсем не так весело, как играть с дорогим оборудованием, хорошо разработанные психологические эксперименты дают удивительно точную картину того, как функция мозга меняется в тот или иной момент времени, а также в течение более длительных периодов.

Есть еще одна загвоздка. Описанные выше методы отлично показывают, что происходит в мозге среднестатистического человека или по крайней мере того, кто соглашается принять участие в психологическом исследовании. Однако, если вы хотите узнать об изменчивости человеческого мозга, нужно изучить больше людей. Самые крупные исследования часто называют эпидемиологическими (от того же корня, что и «эпидемия», то есть «широко распространяющееся среди людей»). В идеальном сценарии они предполагают изучение всего населения, чтобы можно было сделать выводы не только о мозге среднего жителя какого-то государства, но и о том, какие вариации существуют у его соотечественников. Хотя у нас нет времени и денег на то, чтобы всех жителей страны поместить в сканеры, иногда можно использовать другие данные, существующие для всего населения, например медицинские или школьные карты, статистику несчастных случаев и – в некоторых странах – сведения, собранные у людей, призванных на военную службу. Следовательно, когда мы пытаемся понять, что же влияет на мозг, мы часто выбираем между методами, дающими очень подробные данные о небольшом количестве людей или, наоборот, поверхностные – о большом. Если повезет, то при разных способах решения проблемы мы получим одинаковые доказательства. На этом достаточно о технической стороне вопроса. Что мы на самом деле знаем о состоянии вашего мозга прямо сейчас, когда вы читаете эти слова?

Времена нейронного года

Ваш мозг сейчас подвержен влиянию разных долгосрочных тенденций, включая и однонаправленный процесс старения. Представьте себе, если хотите, что вы читаете эту книгу, сидя на свежем воздухе в конце весны, в один из первых теплых дней, когда уже достаточно солнечно, чтобы выйти на улицу без свитера. Если вы живете не на экваторе, то в ближайшие месяцы световой день будет длиннее, средняя температура выше, а количество солнечного света, под которым можно загорать, значительно больше, чем зимой. Наверняка в это время вы будете чаще ездить на велосипеде, а не за рулем, или ходить пешком. Вы будете больше времени проводить на свежем воздухе – в парках и в саду, чаще открывать окна, следовательно, не будете делиться со своими друзьями, коллегами и домашними отработанным воздухом, простудой и вирусами. Надо сказать, что многие из нас чувствуют себя гораздо здоровее и счастливее в летние месяцы. Но связано ли это напрямую с работой мозга?

Зимняя депрессия, как часто называют клиническое состояние сезонного аффективного расстройства (САР), довольно распространена среди людей, живущих за пределами тропиков. Вполне вероятно, что подавляющее большинство из нас испытывает хотя бы какие-то симптомы этого расстройства. Например, в исследовании, проведенном в США в штате Мэриленд, 92 % участников сообщили, что заметили сезонные изменения в настроении и поведении; 27 % – что видят в этом проблему; а 4–10 % людей нашли у себя симптомы сезонного аффективного расстройства.

Зимняя депрессия – это лишь одно из нескольких расстройств, на первый взгляд связанных со временем года. Международные исследования людей с биполярным расстройством показывают пики в маниакальных стадиях весной и летом, а в депрессивных стадиях – в начале зимы. Одной из причин этого могут быть сезонные изменения в режиме сна, которые у некоторых людей являются ранним предупреждением предстоящей маниакальной или депрессивной стадии, а у других действительно вызывают изменение настроения.

Эпидемиологические исследования показали, что смена времен года представляет опасность и в плане других расстройств, связанных с нарушением работы мозга. Давно известно, что дети, рожденные зимой и весной, больше рискуют заболеть шизофренией, чем родившиеся летом и осенью. Не совсем ясно, почему это именно так, но, вероятно, это связано с рисками сезонного характера во время важного с точки зрения неврологии третьего триместра беременности. Одним из таких факторов риска является грипп или другие инфекции у матери. Вторым – дефицит витамина D, который также связан и с иными нарушениями работы мозга (например, аутизмом и рассеянным склерозом). Некоторое количество витамина D можно получить из пищи, но большую часть мы приобретаем, когда находимся на солнце и загораем. Мы все больше времени проводим в помещениях, чересчур увлекаемся солнцезащитными кремами, боясь заболеть раком кожи и беспокоясь о том, что случится с морщинками, если на них попадут солнечные лучи. При этом уровень витамина D падает, и в странах, где нет возможности круглый год достаточно времени быть на солнце, у людей могут возникнуть значительные нарушения из-за дефицита солнечного света в зимние месяцы. Более того, дефицит витамина D распространен даже в некоторых странах, где круглый год солнечно: в одном из исследований, проведенных в больнице в Объединенных Арабских Эмиратах, был обнаружен низкий уровень витамина D в 86 % образцов крови, взятых у граждан ОАЭ, и в 79 % – у жителей других стран. При этом у 28 % граждан ОАЭ и 18 % приезжих наблюдался сильный недостаток витамина D. Люди в ОАЭ могут получать меньше солнечного света ввиду определенных обычаев в стране или традиционной одежды, но дефицит витамина D распространен даже там, где этих факторов нет. Например, в Австралии, по оценкам ученых, почти у трети взрослых выявлен дефицит витамина D.

Из крупномасштабных исследований можно узнать много интересного о том, как смена времен года влияет на развитие мозга и здоровье в течение длительного времени. Но даже для тех из нас, кто живет в регионах, удаленных от экватора, сезонные различия в поведении сейчас довольно незначительны. Если мы разделим обычный рабочий день на три части – работа, отдых, сон, то различия в том, как мы проводим время летом и зимой, практически не будет. Наверняка теплые душистые июльские вечера будут отличаться от холодных январских, но рабочее время и режим сна, по крайней мере для тех, кто большую часть времени трудится в помещении, будут довольно похожи. Благодаря современным технологиям, от центрального отопления и водонепроницаемой одежды до надежного транспорта, наш образ жизни значительно меньше зависит от времени года, чем у наших предков. Супермаркеты с поставками из разных стран позволяют нам есть практически любые продукты круглый год, хотя наверняка вы обращали внимание на приятный аромат клубники, выращенной под местным солнцем.

Среда, в которой любая пища доступна постоянно и независимо от времени года, отличается не только от той, в которой жили наши предки. Дикие животные тоже живут совершенно иначе. Для большинства видов разнообразие пищи говорит о серьезных сезонных изменениях поведения: достаточно вспомнить ежегодные миграции китов, антилопы гну или ласточек. Также доступная еда в изобилии связана с репродуктивным циклом, со всеми сопутствующими действиями: строительством гнезд, брачными играми и линькой. Сезонные изменения в поведении и настроении человека не настолько заметны, поэтому, если нам интересно понять, что же происходит с мозгом при смене времен года, давайте для начала посмотрим, как обстоят дела у тех видов животных, у кого мозг меньше, чем у нас, но поведение меняется гораздо сильнее.

Вслед за птичьим клином

Сезонные изменения заметно отражаются на поведении птиц: как они поют, улетают в другие страны, строят гнезда и меняют оперение. Мы традиционно отмечаем первую ласточку – признак начала лета. Если сравнить виды птиц с разным сезонным поведением, но похожих во всем остальном, можно сделать выводы или по крайней мере предположить, что между таким поведением и мозгом есть взаимосвязь.

И у людей, и у птиц особенно хорошо изучен гиппокамп. У обоих видов гиппокамп фактически отвечает за память, особенно пространственную. Птицам с поврежденным гиппокампом трудно найти

место, где они ранее спрятали пищу, а также у них есть проблемы с навигацией и распознаванием ориентиров. У птиц, которым больше необходима пространственная навигация, площадь гиппокампа больше, чем у похожих птиц, меньше нуждающихся в этом навыке. Например, у почтовых голубей гиппокамп больше, чем у городских, а у перелетных птиц этот отдел мозга крупнее, чем у оседлых. Но являются ли различия в размерах результатом адаптации в ходе эволюции? То есть нам интересно: это генетически запрограммированные особенности биологического вида или просто последствия использования гиппокампа каждой отдельной птицей?

Структура мозга приспосабливается к жизни согласно тому, как именно она используется. Есть один известный пример: исследователи при помощи сканера измеряли размеры гиппокампа лондонских таксистов, которые в рамках подготовки к работе должны хорошо изучить карту «the Knowledge»^[14], когнитивную карту Лондона, чтобы всегда суметь найти лучший маршрут между любыми двумя точками. Было обнаружено, что гиппокамп увеличивался в размерах после того, как водители интенсивно изучали карту и запоминали больше достопримечательностей Лондона. Более того, чем дольше работали таксисты, тем больше изменений отмечалось в их гиппокампе. Видимо, многочисленные поездки в течение нескольких лет по улицам Лондона продолжали влиять на мозг даже после того, как водители запоминали расположение улиц и сдавали тест на знание карты «the Knowledge»^[15]. Будет ли продолжать меняться гиппокамп в эпоху GPS, когда любой владелец смартфона может стать водителем Uber? Поскольку мозг функционирует в основном на основе принципа «используй или потеряешь», можно предположить, что нет.

Среди птиц особенно хорошо гиппокамп изучен у синиц-гаичек, представителей семейства синицевых, живущих в Северной Америке. Гаички не мигрируют, но при этом запасают пищу осенью и зимой, поскольку ее источников становится все меньше. И наоборот, весной и летом, когда корм в изобилии, они не делают запасов. Тщательное изучение размера и других характеристик гиппокампа синиц-гаичек в течение года показало, что он подвержен сезонным изменениям. Увеличивается не только размер самого гиппокампа, но и отдельных нейронов, причем пик этих изменений приходится на октябрь, когда и начинается сезон запасов пищи.

Если бы мозг человека трансформировался в зависимости от времени года, как у птиц, были бы эти изменения следствием сезонных изменений в поведении? Например, если вы склонны летом раньше вставать и больше тренироваться, то трудно сказать: функции мозга перестраиваются из-за изменения поведения или это эффект более длинного светового дня и более высокой температуры воздуха. В обычной жизни очень сложно по отдельности рассмотреть взаимосвязанные схемы поведения, потому что мы не можем контролировать внешние сигналы, имеющие отношение к смене времени года. Однако недавно проводилось одно интересное исследование, в котором ученым из Льежского университета в Бельгии удалось это сделать. Они пригласили двадцать восемь здоровых участников и попросили их провести четыре с половиной дня в среде, где вообще не ощущается смена сезонов и где каждый аспект окружающей среды и поведение испытуемых были постоянны, независимо от времени года, когда проводилось исследование. Участников затем оценивали по ряду физиологических и когнитивных параметров в течение всего года: некоторых зимой, других летом, весной или осенью. Эксперимент был продуман так, что среда никак не отражала время года и служила условиями своего рода периода вымывания^[16], поэтому все различия в результатах тестов, проведенных либо летом, либо зимой, не могли быть вызваны непосредственными различиями в окружающей среде или поведении, например количеством часов солнечного света или тепла в день эксперимента, поскольку были одинаковыми для всех. Напротив, различия между результатами участников, прошедших тестирование в разное время года, были обусловлены физиологическими и когнитивными эффектами, появляющимися более постепенно по мере смены сезона. По сути, исследователи смогли измерить когнитивные и физиологические изменения мозга, вызванные полностью временем года, а не проявившиеся под влиянием изменения поведения в определенное время года. Исследователи предположили, что людям когнитивные задачи лучше даются в период летнего солнцестояния и хуже – зимой. По сути, они обнаружили, что результаты когнитивных заданий очень мало отличались в зависимости от сезона. При этом сканирование фМРТ показало, что в нейронных сетях наблюдались значительные сезонные

колебания, которые происходили именно в связи с выполнением когнитивных задач. Например, при выполнении задачи, требующей постоянного внимания, больше участков мозга активизировались в середине лета и меньше – в середине зимы. Это говорит о том, что либо у мозга разные ресурсы, либо он должен использовать разные ресурсы для выполнения одной и той же задачи в разное время года.

Постоянное внимание – это относительно несложный когнитивный процесс. Результаты выполнения второй, более интеллектуально сложной когнитивной задачи показали совсем другую схему сезонных изменений: пик активации участков мозга выпадал на периоды весеннего и осеннего равноденствий. Интересно, что эти результаты подтверждали некоторые предыдущие исследования, согласно которым решение задач низкого уровня сильнее подвержено воздействию смены времен года (в сравнении с более высокими когнитивными функциями).

В более крупных исследованиях изучали когнитивные функции людей, живущих за полярным кругом и в связи с этим сталкивающихся с огромной разницей в длительности светового дня: зимой там темно круглые сутки, а летом – полярный день. В целом у людей в той местности наблюдаются относительно небольшие сезонные колебания в когнитивных функциях. Ранее мы говорили, что работа мозга может изменяться, чтобы компенсировать последствия сезонного влияния, поэтому люди, живущие в таких экстремальных условиях, адаптировались к тому, чтобы время года не влияло на их познавательные способности. Есть и другое объяснение: те, кому особенно сложно жить в условиях короткого светового дня, то есть они плохо адаптированы к такой среде, скорее всего, уедут из этого региона.

Таким образом, мы можем представить себе ежегодный цикл работы мозга, обусловленный непосредственно длительностью светового дня и климатом, а также поведением, которое зависит от этого. Но как насчет других биологических или социальных циклов?

Биологические циклы и «мамнезия»

Есть предположение, что менструальный цикл влияет на области мозга, регулирующие когнитивные и эмоциональные процессы. Есть доказательства, что кратковременная память у женщин работает лучше в тот период менструального цикла, когда уровень полового гормона эстрадиола самый высокий. И наоборот, для функций, более связанных с эмоциями (например, сочувствие или закрепление воспоминаний эмоциональной памяти), пик достигается в более поздний период менструального цикла, когда увеличивается уровень прогестерона.

Во время беременности изменения уровня половых гормонов влекут за собой огромные перемены в строении и работе организма. Во многих женских журналах (и с этим согласны многие женщины) говорится о феномене «мамнезии», или временном ухудшении когнитивной функции, и особенно кратковременной памяти, во время беременности. Об этом свидетельствует значительный объем данных из исследований, где сравниваются результаты когнитивных задач, выполненных небольшим количеством беременных женщин на курсах подготовки к родам и их небеременными подругами. Есть масса причин, почему беременность может влиять на функции мозга, и все они звучат довольно правдоподобно. В этот период в организме происходят всплески гормонов – прогестерона и эстрогена, которые активизируются как в мозге, так и во всем организме, и жизнь у будущих мам сильно меняется, по крайней мере у тех, кто впервые готовится стать матерью. Поэтому нас не удивляет, что беременность влияет на работу мозга. Вопрос в том, идет ли речь об ухудшении или улучшении когнитивной функции.

У грызунов беременность сопровождается улучшением, а не ухудшением памяти и познавательной способности. Беременные крысы куда лучше небеременных ориентируются в лабиринтах, распознают предметы и сохраняют спокойствие в стрессовых ситуациях. Ввиду того что большинство аспектов поведения беременных женщин и крыс похоже и контролируются одними и теми же участками мозга, группа австралийских исследователей заподозрила неладное: им стало интересно, почему беременность оказывает противоположный эффект на познавательные способности людей и крыс. Они решили, что лучший способ ответить на этот вопрос – найти группу молодых женщин, которые могут быть

представительной выборкой среди населения, а затем следить за их когнитивными функциями, повторно проводя тесты в течение следующих нескольких лет, независимо от того, рожали они детей или нет. За первые восемь лет исследования почти двести из более тысячи женщин, примкнувших к эксперименту в возрасте от двадцати до двадцати четырех лет, родили детей. Все женщины прошли четыре тестирования в тот момент, когда стали участницами эксперимента, а затем еще раз четыре и восемь лет спустя. Семьдесят шесть женщин в момент тестирования были беременны.

Благодаря тому, что оценка проходила в несколько этапов, а выборка женщин была репрезентативна, исследователи смогли более тщательно, чем в предыдущих исследованиях, изучить влияние беременности и материнства на когнитивную функцию. Они не нашли никаких доказательств того, что рождение ребенка влияет на когнитивную функцию, сравнив результаты тестов, выполненных женщинами, у которых появились дети за эти восемь лет, и теми, у кого – нет. Также не нашлось существенных различий между результатами женщин, проходивших тесты на когнитивные способности во время беременности, и остальных участниц исследования. Одна из возможных причин различий между этим и предыдущими исследованиями заключается в том, что проблемы, наблюдавшиеся у некоторых беременных женщин, вызваны, например, свойственными им недостатком сна или тревогой. Все это вполне может влиять на память. Также возможно, что беременные женщины, принимавшие участие в предыдущих исследованиях, чаще страдали от этих проблем, чем их небеременные подруги.

Другое объяснение таких результатов заключается в том, что при оценке всего нескольких аспектов когнитивной деятельности исследователи упустили другие функции мозга, с большей вероятностью подвергающиеся изменениям во время беременности. Возможно, с точки зрения эволюции память является наиболее полезной когнитивной функцией для беременной крысы, однако не самым важным навыком для беременной женщины. Когда женщина готовится ухаживать за совершенно новым и беспомощным человеком, память может быть менее важна, чем, скажем, сверхчувствительность к изменениям потребностей и к эмоциям другого существа.

Способности интерпретировать мимику другого человека, считывать его эмоции и понимать, что он может чувствовать, сами по себе являются важными когнитивными навыками, которые обычно классифицируются как «социальное познание». В настоящее время существует немало доказательств, что социальное познание и области мозга, с которыми оно связано, существенно меняются в результате беременности. Можно сказать, что это своего рода когнитивная реорганизация, происходящая в рамках подготовки к новой роли – роли матери: у женщины появляется больше ресурсов для развития навыков ухода за детьми за счет других аспектов когнитивной деятельности, менее важных для здоровья потомства.

В декабре 2016 года исследователи из Барселоны впервые доказали, что когнитивная реорганизация видна в мозге. Они провели сканирование мозга группы женщин до и после того, как они впервые забеременели. Сравнив снимки, они увидели значительное сокращение серого вещества в областях, связанных с социальным познанием. Затем ученые пошли еще дальше и провели исследование с теми же женщинами через два года после рождения у них детей. Изменения в головном мозге, которые они зафиксировали ранее, все еще наблюдались, и количество видимых перемен было связано с результатами оценки степени материнской привязанности. Таким образом, у самых преданных матерей наблюдались наибольшие изменения в мозге во время беременности. Есть предположение, что это механизм, с помощью которого мозг настраивается на решение сложных проблем, связанных с воспитанием детей. Изменения были настолько очевидны, что компьютерный алгоритм позволял ученым правильно определить, была ли женщина беременной, основываясь только на сканировании ее мозга.

Так что длинные биологические циклы могут сильно влиять на наш мозг. У некоторых людей работа регулирует циклы биологических функций, от которых могут зависеть их психическое благополучие и другие аспекты работы мозга. Вспомните, например, о напряжении, которое испытывает продавец, пытаясь достичь амбициозных целей к концу месяца; или о нарушении суточных биоритмов, с которым

сталкиваются экипажи авиакомпаний, постоянно летающие в другие часовые пояса; или о рабочих с ночными сменами. Более того, даже у людей, работающих по графику с девяти до шести, модели поведения могут довольно сильно различаться в будни и в выходные. Но самая большая и очевидная составляющая нашего нерабочего времени, примерно четверть миллиона часов в жизни, тратится на сон. И оказывается, сон очень и очень важен для работы мозга.

Волшебная сила сна

Сон невероятно полезен для работы мозга. Например, во сне новые знания надежнее закрепляются в памяти; говоря специальными терминами, сон помогает консолидации памяти. Есть много экспериментальных исследований, подтверждающих, что если спать после того, как вы узнали что-то новое, побывали где-то или научились чему-то, то все это запоминается лучше. И это верно не только для полноценного ночного сна. Некоторые исследования показали, что для закрепления информации в памяти можно вздремнуть всего несколько минут. Вероятность вспомнить этот опыт через несколько лет при этом возрастает.

Наверняка вы знаете, что за ночь разные фазы сна чередуются циклами продолжительностью около девяноста минут. Длительность каждой фазы меняется не только по мере старения организма, но и в течение ночи. Исследования на аппарате ЭЭГ показывают, что в начале хорошего ночного сна мы дольше находимся в медленной фазе, которую часто называют глубоким сном, а ближе к концу ночи – в быстрой. В результате даже незначительные изменения в режиме сна – например, в понедельник утром вы проснулись раньше, чем в воскресенье, – могут привести к тому, что соотношение разных фаз сна будет другим. Это важно, потому что процессы, происходящие в головном мозге во время различных фаз сна, немного по-разному отражаются на памяти. В частности, медленный сон помогает закрепить декларативную память, то есть то, что вы можете сознательно вспомнить. При этом быстрый сон намного важнее для эмоциональной памяти и процедурного обучения.

По мере того как мы становимся старше, мы все меньше спим, и сон становится более фрагментированным. Можно предположить, что именно поэтому наблюдается снижение когнитивных функций по мере старения или при нейродегенеративных расстройствах, таких как болезнь Альцгеймера. Если же посмотреть на сон, свойственный молодым людям, то всем нам хорошо известно, что режим сна подростков совсем не обязательно будет сочетаться с семейным графиком или расписанием в школе. Если несоответствие между биоритмами подростков и требованиями общества приводит к лишению сна, это может стать проблемой. Экспериментальные исследования с участием небольшого количества подростков показывают, что хронический недосып ухудшает производительность в заданиях, требующих высокого уровня внимательности. И наоборот, если увеличить количество или качество сна, как правило, можно улучшить качество кратковременной памяти. Поэтому подростки, которые недостаточно спят, пребывают не в лучшем состоянии для того, чтобы учиться в школе. По сути, нехватка сна приводит к когнитивным нарушениям у людей всех возрастов. В одном довольно смелом исследовании малышам двух-трех лет не давали спать днем, а потом давали задание – решить нерешаемую головоломку. В результате дети демонстрировали поведение, свойственное для более младшего возраста, и подходили к решению задачи менее эффективно, при этом гораздо упорнее пытались решить задачу, даже когда понимали, что этого сделать нельзя.

Сон действительно очень важен. И многие вещи, влияющие на когнитивные способности, например болезнь, похмелье или смена часовых поясов, просто отражают влияние нарушения режима сна. Интересно отметить, что когда нарушается режим сна всего населения (например, так происходит два раза в год в тех странах, где переходят на летнее время), то эти небольшие нарушения внимания и способности принимать решения видны по количеству несчастных случаев со смертельным исходом. Их происходит значительно больше на следующее утро после перевода часов вперед, когда многие опаздывают на час, и меньше – при переходе на зимнее время, на час назад, когда люди могут поспать

на час больше. Исходя из этого, мы могли бы проявлять мудрость и особенно заботиться о себе и думать о своих действиях во время перехода на летнее время.

Как сделать свой день лучше

Есть факторы, совсем незначительно влияющие на наше состояние, даже если отличаются в разные дни, при этом они могут иметь кумулятивный, или накопительный, эффект в течение длительного времени. Например, мы знаем, что для работы мозга нужно правильное питание и что, если в мозг долго не будет поступать достаточно питательных веществ, могут возникнуть неприятности. Витамин В₁₂ необходим для поддержания в хорошем состоянии миелина (жирных оболочек, покрывающих нейроны и необходимых для эффективной отправки сигналов на большие расстояния). Витамины D и В₉ (соль фолиевой кислоты) связаны с когнитивной функцией, и их нехватка может привести к различным формам неврологических и психиатрических заболеваний. Кратковременное голодание, например, влекущее за собой падение уровня сахара в крови, также может повлиять на способности мозга, а при сильной гипогликемии (которую обычно испытывают диабетики или спортсмены, занимающиеся видами спорта, требующими выносливости) сложные когнитивные функции могут вообще перестать работать. В менее экстремальных ситуациях сложно понять, насколько важно питание, например, зависит ли результат экзамена от того, чем вы позавтракали в день его сдачи. Многие исследования на эту тему финансировались компаниями, производящими хлопья для завтраков, то есть стороной, как вы понимаете, заинтересованной, поэтому большую часть исследований по этому вопросу нельзя назвать независимыми. Однако справедливо будет сказать, что в целом правильно начинать день с завтрака, состоящего из продуктов, медленно выделяющих энергию для мозга^[17], независимо от того, можно ли проверить эффективность его работы, оценив успеваемость детей в школе или результаты формального тестирования у взрослых.

Как насчет утренней пробежки Салли? Здоровье сердечно-сосудистой системы тесно связано со здоровьем мозга, и очевидно, что люди, регулярно получающие физическую нагрузку, меньше подвержены риску заболеваний мозга, таких как инсульт, деменция или депрессия. Однако трудно мотивировать себя надевать кроссовки только потому, что есть крошечный риск развития болезней через несколько десятков лет. Гораздо больше (вероятно) нас мотивировало бы наличие мгновенных изменений. Другими словами, если сегодня вы должны сделать презентацию на работе, что лучше – поспать на полчаса больше или пойти на пробежку? Если предположить, что ночью вы хорошо спали (что не всегда получается перед ответственным днем), ответ будет: отправиться на пробежку. В настоящее время собрано немало данных, что физические упражнения приводят к резкому краткосрочному улучшению когнитивной функции, а также обеспечивают долгосрочные преимущества для здоровья мозга, о чем мы подробнее поговорим в главе 8. Но пока просто согласитесь с тем, что на самом деле у вас нет оправдания...

Каждое мгновение

Рассуждения о том, насколько сильно мозг меняется каждое мгновение, не очень привлекают внимание. Во всяком случае, исследователи обычно считают довольно досадным тот факт, что в период проведения эксперимента происходят изменения когнитивной производительности, регионарного кровотока или любых других показателей из-за того, что на работу мозга влияет время дня, день недели или время года. Все это, наряду с тем, что участник съел накануне вечером, пил ли он кофе утром, курит он или нет, обычно считается просто причинами случайной ошибки, эффект от которой при прочих равных условиях должен выравниваться в ходе эксперимента и, следовательно, не слишком влиять на результаты.

Но на них могут существенно повлиять даже такие небольшие факторы. Недавно было сделано потрясающее исследование: ученые проанализировали, как решения опытных израильских специалистов зависят от времени суток. Как и в случае с любым из нас, на способности участников принимать решения значительно повлияла усталость, а также перерывы на кофе и обед. Однако в отличие от решений, которые принимает большинство из нас, решения, о которых идет речь, влияли

непосредственно на жизнь людей, поскольку эти специалисты были членами комиссии по условно-досрочному освобождению. Результаты были поразительными: у первого за день заключенного шансы выйти из тюрьмы были 65 %, но у последнего, решение по которому принималось прямо перед перерывом на отдых, они были близки к нулю.

Для профессий, в которых очень важны правила безопасности, например связанных с управлением большими транспортными средствами или сложной техникой, законы или работодатели определяют перерывы на отдых и ограничивают смены. Для остальных профессий последствия работы в условиях использования когнитивных способностей не в полной мере воспринимаются как гораздо менее опасные. Готовы поспорить, что израильские заключенные, которым отказали в условно-досрочном освобождении, думают иначе.

Есть еще один чрезвычайно важный фактор, влияющий на когнитивные способности в каждый конкретный момент и тоже трудно поддающийся измерению: это стресс и количество времени, которое вы находитесь под его воздействием. Стресс не является определенным медицинским диагнозом, однако мы все знаем, что это такое и как мы чувствуем себя в этом состоянии. Наверняка вы испытывали на себе физическое воздействие острой реакции на стресс «бей или беги». Разве что вы как-то заполучили эту книгу, находясь в параллельной вселенной Крайней Безмятежности. Цель такой реакции, сопровождающейся приливом адреналина и других гормонов, контролирующей симпатическую нервную систему, – высвободить энергию и подготовить организм к физическим нагрузкам. Неблагоприятные побочные эффекты этого состояния – тяжесть в желудке и сухость во рту. Такое физиологическое возбуждение было бы очень полезно, если бы вам нужно было убежать от тигра. Но наверняка это не то состояние, которое хочется испытывать перед собеседованием, важной презентацией на работе или публичным выступлением. В такие моменты вам больше пригодятся способности четко мыслить, уверенно говорить и спокойно решать любые возникающие сложные вопросы.

Итак, какое же влияние на психологическое состояние и когнитивные функции оказывают резкие изменения в химии нервных процессов, вызванные реакцией «бей или беги»? Жизненный опыт говорит о том, что возможны два разных сценария. Иногда дополнительное напряжение заставляет нас мыслить яснее, и мы чувствуем себя певицей, как никогда успешно выступившей перед самой огромной в ее жизни аудиторией. А иногда напряжение слишком велико, и мы, наоборот, не можем и слова сказать. Смысл в том, что до какого-то момента физиологическое возбуждение улучшает работоспособность, после чего она падает. Об этом нам говорит закон Йеркса – Додсона. Изначально он был выведен в результате экспериментов, где изучали влияние электрических ударов различной интенсивности на обучение у мышей, и, несмотря на то что есть множество данных, заставляющих усомниться в нем, он остается популярной теорией и о нем пишут в большинстве вводных курсов по психологии.

Ученые прошли долгий путь от опытов на мышах, получающих электрические удары, до современных исследований с участием людей с хорошим достатком, живущих в состоянии хронического стресса. И сейчас нам стало гораздо понятнее, как стресс связан с работоспособностью. Недавно проводилось исследование, где группу из девяти одного участника произвольно разделили на две части и попросили каждого человека подготовить и произнести речь либо в сильной стрессовой ситуации, либо в такой, где уровень стресса был гораздо ниже. Участникам первой группы предложили защищаться от (вымышленного) обвинения в магазинной краже, а тем, кто был во второй группе, нужно было снять короткое видео по статье о путешествиях, которую они только что прочитали. Исследователи тщательно кодировали каждую интонацию, а также измеряли частоту сердечных сокращений и уровень гормона кортизола, который выделяется в ответ на стресс. Как и следовало ожидать, у людей, которым пришлось защищаться от обвинения в краже, был более высокий уровень кортизола и более высокая частота сердечных сокращений, пока они говорили. Однако стресс не влиял на качество речи. Участники обеих групп в среднем использовали одинаковое количество слов, при этом у тех, кто был в менее стрессовой ситуации, речь была менее беглая, они чаще использовали междометия вроде «mmm» или «эээ». Интересно, что люди в более стрессовой ситуации, как правило, чаще делали паузы.

По мнению исследователей, это было связано с тем, что уменьшалось количество когнитивных ресурсов, необходимых для артикуляции, что и замедляло формулирование следующей мысли и фразы.

Мы надеемся, что вы настолько поглощены чтением этой книги, что по большей части не знаете о том, что происходит вокруг вас: игнорируете разговоры за соседним столом, детей, играющих за стеной, или даже незначительные изменения шума, света и температуры окружающей среды. Если бы вы все это отмечали в равной степени и одновременно, было бы чрезвычайно трудно сосредоточиться на чем-либо вообще и вы почти наверняка не смогли бы прочитать, понять или вспомнить хоть один абзац.

Учитывая большое количество сенсорной информации, окружающей нас в каждый момент времени, мы отлично научились направлять внимание на очень небольшие ее источники. Существуют целые полки учебников по психологии, посвященных тому, как именно происходит процесс фильтрации нужной информации из общего потока и в каких условиях мы лучше всего способны или не способны это делать. Можно ли сравнить наше внимание с регулируемым прожектором, который позволяет нам охватить широкий массив информации на неглубоком уровне или же глубже изучить небольшой? Когда мы считаем себя многозадачными, может быть, мы на самом деле быстро переключаем внимание между двумя задачами? Можем ли мы обрабатывать различные типы информации параллельно и что ограничивает наши возможности в этом? Нам стоит изучать эти вопросы, причем не только для того, чтобы поддержать финансовое благополучие преподавателей психологии и нейробиологии, но и потому, что они определяют на функциональном уровне пороги работы нашего мозга. Очень интересен временной порог, он отражает функцию мозга, измеряемую в миллисекундах: как долго внимание может быть приковано к одному раздражителю?

Представьте, что вы играете в компьютерную игру, где кучка хищных инопланетян на экране быстро летит к вам. Ваша задача стрелять в плохих инопланетян и не стрелять в хороших. Приходит злодей: бац – вы попали! Но вы даже не заметили второго, который появился сразу после первого. И он вас съел. То, из-за чего вы пострадали, называется «мигание внимания», одно из самых исследуемых явлений в когнитивной психологии. «Мигание внимания» очень интересно, поскольку говорит нам о том, как быстро мозг может переключать внимание между отдельными массивами информации. В целом мы очень быстро обрабатываем входящие зрительные раздражители, но если один из них приоритетен для нашего внимания, то у нас наблюдается странная форма слепоты. В компьютерной игре вторая входящая цель, появившаяся сразу после первой, скажем, в пределах одной пятой секунды, скорее всего, будет замечена. Но затем наступит период длиной около четверти секунды, когда входящие цели не вызовут сознательного понимания: вы увидите, но не заметите новую цель. Некоторые люди думают, что эта временная слепота внимания отражает предел в способности мозга обрабатывать информацию в течение этого периода; другие считают, что это механизм предотвращения утечки посторонней информации на более высокую обработку, такую как кратковременная память, наряду с намеченной целью.

Какой процент мозга вы используете прямо сейчас?

Мы начали эту главу с разговора о том, что мозг изменяется со временем в течение всей жизни: развивается, достигает пика работоспособности, а затем его функции ухудшаются. Изучив исследования о перелетных птицах, беременных женщинах и членах комиссии по условно-досрочному освобождению, мы узнали, что небольшие изменения в работе мозга и функциях могут проявляться и в гораздо более короткие периоды. Мозг прекрасно разбирается, какие функции вам нужны в тот или иной момент, и со временем различия в том, что именно вы делаете в эти моменты, накапливаются и дают более стойкие и глубокие изменения в мозге, как мы видели на примере лондонских таксистов. Какой мозг вам нужен сейчас, зависит, конечно, от того, что вы хотите сделать, но также и от того, что вы делали вчера, на прошлой неделе, в прошлом месяце и всего миллисекунду назад.

Так что здоровый мозг здоровому мозгу рознь. В третьей части книги мы выйдем за рамки нормальных вариаций и рассмотрим, как мозг ведет себя в чрезвычайных ситуациях.

ВЗГЛЯД СО СТОРОНЫ

Доктор Саймон Кайл, старший научный сотрудник в Институте сна и циркадной неврологии, Отделение клинической неврологии в Наффилде, Оксфордский университет, Великобритания

Саймон изучает сон в удивительном новом мультидисциплинарном научно-исследовательском институте в Оксфорде, где пытаются понять взаимосвязь между сном, циркадными ритмами и здоровьем. Особенно его интересует, что становится причиной нарушений сна и как лучше всего справиться с этой проблемой, а также он исследует взаимодействие между нарушениями сна и другими аспектами психического здоровья. Саймон руководит онлайн-программой в Оксфорде в области медицины сна, инновационного курса для аспирантов. Эта программа готовит специалистов по сну, которые станут востребованы в будущем.

Дженни (одна из авторов этой книги) общалась с Саймоном, как ни странно, после ужасной ночи, поэтому она хочет услышать, что же ученый может сказать ей о том, почему мы так сильно нуждаемся во сне и как недосып прошлой ночью может сказаться на работе ее мозга сегодня.

– Саймон, большое спасибо, что согласились на это интервью. Можете ли вы кратко рассказать, зачем людям нужно спать?

– В биологии, для того чтобы понять, как работает какая-то функция, мы нарушаем ее нормальную работу. Большую часть знаний о влиянии сна на мозг мы приобрели, рассмотрев депривацию сна двумя способами. Первый – это проведение контролируемых экспериментов, для которых мы приглашаем людей с нормальным сном, а затем либо ограничиваем его на несколько часов, либо полностью лишаем их сна. Делая это, мы обнаружили, что так у участников серьезно ухудшаются когнитивные показатели, например бдительность, постоянное внимание и кратковременная память. Ограниченный пятичасовой сон в течение нескольких ночей оказывает кумулятивный эффект влияния на познавательные способности, и с каждым днем они становятся все хуже. Интересно, что, согласно некоторым исследованиям, нельзя «наверстать» сон за пару ночей, чем мы можем заняться в выходные, все равно мы не полностью восстанавливаем ухудшенную работоспособность. Сон крайне необходим для консолидации памяти. Исследования четко показывают: если нарушить режим сна ради эксперимента, это очень вредно для памяти, и наша способность узнавать новую информацию на следующий день заметно снижается после лишения сна.

Однако, по этическим соображениям, мы можем не давать людям спать всего несколько дней. Поэтому второй способ заключается в том, чтобы рассматривать нехватку сна, изучая людей с долгосрочными проблемами со сном. Мы определяем «бессонницу» как трудности с засыпанием или поддержанием сна, и при помощи крупных баз данных, таких как Британский Биобанк (UK Biobank), мы обнаружили, что примерно у трети людей в прошлом месяце наблюдались симптомы бессонницы. Примерно у 10 % людей эти проблемы продолжаются более трех месяцев. Если это состояние сохранится надолго, то у них могут начаться проблемы с умственным и физическим здоровьем: депрессия, тревожность, токсикомания, сердечная болезнь, инсульт или болезнь Альцгеймера. Мы еще не знаем точно, являются ли проблемы со сном причиной других заболеваний или их ранним симптомом. Но из исследований с применением нейровизуализации мы знаем, что у людей, страдающих бессонницей и при этом не имеющих никаких других симптомов, действительно меняется структура мозга – сокращается кора, поэтому мы предполагаем, что хроническое нарушение сна может иметь негативные последствия для мозга. Интересно, что есть люди, кажущиеся весьма устойчивыми к лишению сна. В среднем мы наблюдаем значительное ухудшение познавательных способностей, но при этом есть небольшое количество людей, которые на первый взгляд функционируют после нескольких ночей лишения сна так же, как и раньше. Но есть и другие, когнитивные способности которых особенно уязвимы при недосыпе. Существуют какие-то интересные индивидуальные различия, и мы пока не понимаем, от чего они зависят.

– *Нужно ли человеку беспокоиться, если он считает, что недостаточно спит?*

– Первое, что нужно сказать: большинство людей спят достаточно. Несмотря на то что в СМИ много говорят о влиянии технологий и очень большой занятости, метаанализ показал, что за последние 50 лет продолжительность сна в среднем не изменилась. Многие недосыпают во время рабочей недели, предпочитая больше работать или общаться с друзьями, вместо того чтобы поспать, но потом они компенсируют недостаток сна в выходные. Количество людей, сообщающих о том, что у них бессонница, со временем увеличилось. Но примерно у трети из них, когда они приходят в лабораторию сна, мы обнаруживаем значительное несоответствие между тем, что они думают про свой режим сна и что на самом деле показывают наши приборы. Так, например, кто-то думает, что спит пять часов, но, когда мы измеряем время сна, получается семь.

– *Так когда же надо начинать беспокоиться?*

– Проблема возникает тогда, когда из-за недосыпа вы рискуете попасть в аварию или, например, страдает работа. Часто недооценивается, сколько времени нужно, чтобы восполнить сон. Если пригласить людей участвовать в исследовании и не давать им нормально спать пять ночей, а затем позволить спать две ночи до десяти часов, их когнитивная функция все равно не вернется к норме.

Однако для многих людей с нарушениями режима сна есть относительно простые способы избавиться от проблем, например регулярные физические упражнения, график сна и пребывания на свету, а также им нужно не спать днем и не принимать возбуждающих средств. Если вы все это выполняете и при этом достаточно спите, но все равно не высыпаетесь или спите плохо, обратитесь к врачу. Тем, у кого проблемы со сном давно, может помочь когнитивно-поведенческая терапия (КПТ), действие ее доказано лучше всего. КПТ – это структурированная психотерапия, работающая с мышлением и поведением, которые мешают человеку нормально спать. Часто важнее всего создать правильные условия перед сном, чтобы не перевозбудиться психически и дать возможность биологическому стремлению ко сну (давлению во время сна и циркадному ритму) преодолеть бодрствование.

Узнавая все больше о неврологии сна, мы понимаем, что состояние сна не означает, что в него погружен весь организм. Недавние исследования здесь, в Оксфорде, показали, что, если отслеживать работу отдельных нейронов у мышей, вы обнаружите, что в одном и том же мозге некоторые группы нейронов будут находиться в состоянии сна, а другие в то же самое время – в активном состоянии. Мы называем это явление «местный сон». Так что иногда, когда люди осознают, что происходит ночью, их мозг в целом спит, но отдельные группы нейронов не спят, поэтому работает мышление и идет обработка информации. Это может быть одной из причин, почему люди чувствуют, что плохо спят, хотя на самом деле спят достаточно.

– *Какой же мозг нам нужен?*

– Думаю, весь, что у нас есть! Хотя, возможно, нам стоит больше персонализировать наши взгляды на мозг – степень, в которой мы используем те или иные области мозга для разных задач, у каждого человека своя. Изучив работу организма в бессознательном состоянии и в коме, мы теперь понимаем, что даже в этих состояниях когнитивные способности сохраняются.

III

За гранью возможностей

С какой частью мозга можно безболезненно расстаться?

6

Если чего-то не хватает: можно ли нормально жить с неполным мозгом?

Теперь давайте подумаем, насколько хватает возможностей человеческого мозга, когда возникают проблемы, связанные с отклонениями от нормы. Наверняка вы слышали рассказы о людях, которые во время обследования организма по не связанной с мозгом причине узнавали, что много лет жили без какой-то его части. Мы уверены, что такие люди ведут совершенно нормальную жизнь, и нет никаких явных признаков того, что у них что-то не так. Ходят слухи, что мозг адаптируется, даже если отсутствуют значительные его части. Но правда ли это? Говорит ли это о том, что мы можем прекрасно справиться без какой-то части мозга, и если да, сколько мы можем потенциально позволить себе потерять?

В этой главе мы рассмотрим истории людей, у которых часть мозга отсутствовала с рождения, а также тех, чей мозг был целым, а потом – раз! – и осталась только часть в результате либо травмы, либо операции. Мы поговорим о том, как эти люди достигли успеха в жизни и что подобные случаи могут нам рассказать об адаптивности мозга (это свойство называется пластичностью или «нейропластичностью») и его жизненно важных функциях. Также мы подумаем о том, что должно произойти, чтобы организм человека смог функционировать без анатомически целого мозга. Компенсируют ли другие части мозга недостающие? Играет ли роль время? Если часть мозга отсутствует с рождения, может ли оставшаяся его часть взять на себя ее функции по мере роста и развития или взрослый мозг более устойчив к травме?

Чтобы узнать, как же мозг со всем этим справляется, нужно прежде всего совершить анатомическую экскурсию и взглянуть на некоторые его отделы по очереди. Так мы сможем рассмотреть, что именно контролирует каждая из областей и как ее отсутствие отражается на человеке. Затем мы узнаем, что происходит, когда затрагиваются большие части и большее количество участков головного мозга.

Начнем с самого верха: полушария головного мозга

Полушария, как мы уже говорили ранее, – самая большая часть головного мозга. В целом с ними связано множество функций, включая высшие: эмоции, обучение, умение рассуждать, а также передача тактильных ощущений, восприятие зрительных, слуховых образов и языка. Каждое полушарие делится на четыре главные доли: лобную, теменную, височную и затылочную. Каждая доля отвечает за целый ряд функций.

Дело о пропавшей теменной доле

Коул Коэн – писательница, издано уже несколько ее книг. Ей присвоена степень магистра искусств в области литературного письма и критики Калифорнийского института искусств. Коул была финалистом премии Бейклесс (Bakeless Prize) и премии Ассоциации писателей и писательских программ в номинации «Научно-популярная литература». На момент написания этой книги она живет в Санта-Барбаре и работает координатором мероприятий и программ в Калифорнийском университете. При этом, несмотря на интеллект явно выше среднего, у нее всю жизнь были проблемы с обучением, из-за чего она не могла совершать ряд на первый взгляд простых повседневных действий.

Коул очень трудно ориентироваться во времени и пространстве. Она не может оценить, сколько хотя бы приблизительно прошло времени, если не посмотрит на часы. Например, однажды она стояла на обочине дороги и не могла сказать, поравняется ли с ней приближающаяся машина через десять секунд или через тридцать. Она также не могла сказать, прошла одна минута, десять минут или час. Она не знала, сколько нужно по времени обнимать человека. Она могла заблудиться в супермаркете или даже по дороге в знакомое место. Ей трудно обращаться с цифрами, и подсчет денег для нее – настоящая проблема. Однако, несмотря на все эти трудности и на то, что ее осматривали и проверяли разные специалисты, прошло много лет, прежде чем стало понятно, что именно с девушкой не так. Коул было двадцать шесть лет, когда она узнала, что у нее в мозге дыра размером с лимон. Дыра находилась в левой теменной доле, которая отвечает, как вы уже, наверное, поняли, за ориентирование в пространстве, восприятие предметов и математические способности.

Узнав о состоянии своего мозга, Коул очень удивилась, что до сих пор жива и у нее даже нет серьезных проблем с когнитивными способностями. Врач объяснил это тем, что дыра у нее в теменной доле,

а не в лобной, именно поэтому она прекрасно себя чувствует и ее организм может нормально функционировать. Получается, что человеку для выживания совсем не обязательно иметь целую теменную долю. Как минимум, если с рождения у вас нет значительной ее части, вы все равно можете нормально развиваться и жить обычной жизнью. Коул даже написала и опубликовала книгу о своем мозге («Случай с головой. Мой мозг и другие чудеса»). Однако ее история чрезвычайно редкая. По сути, насколько ей известно, больше не было зафиксировано ни одного случая, похожего на ее. Наверняка есть еще люди, живущие с дырой в теменной доле, но их пока не обнаружили или не написали про них. Если они и существуют, мы не знаем, живут они так же или это причиняет им массу проблем.

А что же можно сказать про лобные доли? Врач Коул предположил, что если бы дыра оказалась в лобной доле, а не в теменной, картина была бы куда более мрачная.

Дело о пропавшей лобной доле

Фронтальная, или лобная, доля находится в передней части полушарий, что неудивительно, принимая во внимание ее название. Это самая большая доля из четырех. За ней закреплено много функций, но особенно она связана с теми, что определяют нашу индивидуальность: это и выражение эмоций, и социальное и сексуальное поведение, способность связывать понятия и самоконтроль, произвольные реакции, язык, память и контроль движений. Когда что-то не так с лобной долей, это может отразиться на нашей сущности, на личности. Если это происходит, меняется наша жизнь в мире и отношения, поскольку мы перестаем быть теми, кем мы были раньше.

Значительные изменения личности после травмы лобной доли приводят к тому, что человек может совершить преступление. Несчастный случай на работе за долю секунды изменил личность Сесила Клейтона в 1972 году. Когда он работал на лесопильном заводе в Миссури, ему в голову попал кусок деревяшки. Клейтону продырявило череп и мозг, и в итоге врачам пришлось удалить почти пятую часть его лобной доли. Из религиозного и трудолюбивого трезвенника и счастливо женатого отца семейства он превратился в склонного к суициду параноика, страдающего неконтролируемой яростью и галлюцинациями, неспособного ясно выражать свои мысли. В 1996 году он был осужден за убийство полицейского, но в заголовки новостей попал в 2015-м, когда его должны были казнить за это преступление. Говорили, что из-за психического состояния его нельзя приговорить к смертной казни, что он пострадал из-за несчастного случая, изменившего его личность, и что с тех пор Верховный суд запретил смертную казнь как меру наказания безумных и умственно отсталых людей. Тем не менее Сесила Клейтона все-таки казнили.

Еще пример. В США в камеру смертников был отправлен Кевин Уэйн Данлэп: он признал, что убил троих детей и напал на женщину в ее доме в Кентукки. Его адвокаты считали, что он находился в состоянии помешательства. Они говорили, что он был импульсивен и не мог вести себя рационально как во время совершения преступления, никак не пытаясь скрыть свою личность, так и когда неожиданно признал себя виновным, хотя не было ясно, понимает ли он вообще, в чем признается. За шесть дней до суда обнаружили, что большая часть лобной доли Кевина была либо повреждена, либо отсутствовала, хотя прокуратуры считали, что эта информация отношения к делу не имеет.

В обоих случаях неизвестно, была ли прямая связь между поврежденной лобной долей и преступными действиями мужчин, поскольку большинство людей с подобными повреждениями не совершают преступлений. Однако эти истории все-таки дают некое представление о том, как физические изменения в лобной доле могут привести к серьезным переменам в поведении человека.

В исторических хрониках психологии известно имя Финеаса Гейджа. В 1848 году с ним произошел несчастный случай, в результате которого ему в голову воткнулся небольшой железный лом. Финеасу было двадцать пять лет, он работал бригадиром на прокладке железной дороги в Вермонте и вообще был активным парнем. Он готовился к взрыву камня динамитом, однако случайно взрыв произошел слишком рано, в результате чего шпалоподбойка – инструмент, очень похожий на лом, – вошла ему в лицо под левой скулой, прошла прямо за глазом и вышла в верхней части черепа. Удивительно, но Финеас выжил, несмотря на травму, притом что жил в сельской местности, вдали от крупного города,

где его мог осмотреть врач, и вообще медицина была такой, какой она была в XIX веке. Прошло больше часа, прежде чем к нему пришел врач. Он остановил кровотечение и сумел предотвратить заражение. Через некоторое время Финеас выздоровел, но не смог вернуться на прежнюю работу и в конечном итоге стал извозчиком, а затем фермером. Несмотря на такую серьезную травму, он продолжал жить и работать еще много лет. На первый взгляд Финеас неплохо восстановился, его, к примеру, не разбил паралич. Однако все равно выздоровел он не полностью: в отчетах говорится, что мужчина сильно изменился. Бывшие работодатели на железной дороге описывали его как работоспособного, «умного и проницательного делового человека», однако после аварии он стал дерзким, раздражительным и начал использовать «самую грубую ненормативную лексику», при этом интеллект его снизился до уровня маленького ребенка. Считается, что лом прошел через префронтальную кору. Исследования показали, что травмы в этой области мозга приводят к сильным изменениям личности, в то время как других неврологических проблем может не быть. Префронтальная кора связана с памятью, чертами личности и способностью сдерживаться, и это помогает объяснить изменения, наблюдаемые у Финеаса.

Хорошо известно, что британский олимпийский чемпион по гребле, обладатель золотой медали, а также член Превосходнейшего ордена Британской империи Джеймс Крэкнелл получил серьезную травму головы в США в 2010 году. Он ехал на велосипеде, и его сбил бензовоз. В результате у Джеймса произошел перелом черепа и множественные кровоизлияния в мозг. По словам врачей, во время аварии мозг резко дернулся вперед, ударив по внутренней части черепа, и так была повреждена лобная доля. Спортсмен потерял память, стал вспыльчивым, раздражительным и упрямым. Кроме того, он больше не способен различать ни запахи, ни вкус.

Лобная доля настолько сложно устроена и управляет такими серьезными функциями, что ее созревание занимает довольно много времени, поэтому она продолжает развиваться, даже когда нам уже за двадцать. Означает ли это, что тут у нас гораздо больше возможностей переиграть или исправить какие-то вещи, если что-то пошло не так? Или это означает, что (поскольку такой сложной системе нужно больше времени на развитие), если что-то пойдет не по плану за это время, мы никогда не достигнем того уровня развития, которого обычно достигают взрослые? Ближе к концу главы мы рассмотрим, как сказываются на человеке детские травмы мозга.

Проблемы начинаются в височной доле

А теперь поговорим вообще на другую тему: о незваном госте. Один пятидесятилетний мужчина, путешествуя по востоку Англии, стал не самым счастливым обладателем ленточного червя, который прокладывал себе путь у него в мозге. Когда мужчина отправился обратно на родину, в Китай, паразит заполз на борт и спрятался внутри человеческого мозга, чтобы бесплатно прокатиться по всему миру. Впоследствии ничего не подозревающий человек наблюдал у себя ряд симптомов, включая головные боли, судороги, ухудшение памяти, боль в правой стороне, и иногда не различал запахи. На МРТ выявили поврежденные области (невропатологи обычно называют их поражениями) в правой височной доле. Изначально предположили, что проблема была связана с туберкулезом, и солитер остался незамеченным. За четыре года провели серию исследований, которые показали, что повреждения головного мозга распространяются от правого полушария к левому. Другими словами, выявили путь червя. В конце концов с помощью биопсии червя идентифицировали и удалили. Мужчине назначили препарат против паразитарных инфекций и в 2014 году его состояние описали как хорошее.

Сама мысль о том, что кто-то может есть наш мозг, повергает в дрожь, но еще сильнее поражает то, что этот солитер жил в мозге мужчины в течение многих лет, и его движение внутри было снято на пленку. Врачи, работающие с этим случаем, сказали, что с течением инфекции изменился характер различных неврологических симптомов. По-видимому, это происходило потому, что, по мере того как паразит продвигался дальше по мозгу, он влиял на разные его части, каждая из которых имела разные функции. Признаки ленточного червя были первоначально замечены в височной доле, но, так как он двигался, он повреждал все больше участков мозга, вызывая более широкий спектр симптомов.

Мозг – из двух половин

Как показывает случай с вторжением ленточного червя, поражены могут быть несколько областей мозга, и тогда воздействия на человека тоже будут разнообразными. Однако головной мозг человека – это не четыре не связанные между собой доли. Он координирует функции и целиком, и пополам (по полушариям). Обычно левая сторона мозга контролирует правую сторону тела, а правая сторона мозга – левую. При этом два полушария не зеркальны, поскольку у каждого из них есть и свои собственные особые функции. Левое полушарие больше связано с языком, общением и детальным анализом информации, а правое специализируется, например, на ориентировании в пространстве, понимании и запоминании визуальной информации и объединении данных для создания общей картины. Но есть люди, которым не особо важно, за что именно отвечает каждое полушарие, для них облегчение уже в том, что есть хотя бы одно. Им не посчастливилось иметь два совсем не поврежденных полушария головного мозга: у них может отсутствовать часть полушария или даже все целиком.

Дело о пропавшем полушарии головного мозга

В Германии живет женщина, родившаяся всего с одним полушарием головного мозга. Когда ей было три с половиной года, ее отправили на обследование после того, как у нее появились небольшие судороги левой части тела. Обследование показало, что у нее нет правого полушария. У девочки наблюдалась слабость одной половины тела, при этом мышечные судороги удалось вылечить, и в остальном у нее было все хорошо. Она продолжала ходить в школу и смогла приобрести навыки, требующие координации двух сторон тела, например, научилась кататься на роликах и на велосипеде. Ларс Макли, нейропсихолог из Университета в Глазго, исследовал зрительное восприятие девочки, когда ей было десять лет. Он описывал ее как «остроумную, очаровательную и умную», а также сказал, что психологически она нормально развивается и сможет жить полноценной жизнью.

У нашей немки функционирует только один глаз, левый. Тем не менее Макли особенно заинтересовался ее визуальным восприятием, поскольку оно очень особенное – девушка видит так, как не может никто. Обычно мозг воспринимает зрительную информацию от каждого глаза и объединяет ее, создавая общую, полную картину – ту, которую мы и видим. В сущности, чтобы сформировать целое изображение, нам нужны оба глаза, это и называется «бинокулярным зрением». Однако эта немка одним глазом воспринимает зрительный образ полностью. Как правило, информация, полученная одним из глаз, поступает в противоположное полушарие головного мозга, то есть то, что мы видим правым глазом, обрабатывается в левом полушарии, и наоборот^[18]. Что же касается мозга девушки из Германии, интересно то, что нервные волокна от функционирующего левого глаза, которые должны быть связаны с ее отсутствующим правым полушарием, идут в левое. Кроме того, зоны левого полушария приспособились обрабатывать зрительную информацию, полученную левым глазом, в то время как обычно это работа правого полушария. Подобная перестройка в мозге означает, что у этой девушки почти идеальное зрение при наличии только одного функционирующего глаза.

Просто удивительно, на что способен мозг, чтобы адаптироваться в трудной ситуации. Опираясь на результаты исследования, Макли отметил: несмотря на то что мы знаем об удивительной пластичности мозга, которую он демонстрирует, все равно невероятно, насколько хорошо оставшееся полушарие мозга молодой девушки сумело приспособиться, чтобы компенсировать недостающую половину. Похожих случаев зарегистрировано не было, но вполне могут существовать другие люди, чей мозг адаптировался аналогичным образом.

В отличие от девушки из Германии, Мишель Мак находится ровно в противоположной ситуации, у нее отсутствует левое полушарие. Когда она была еще ребенком, ее родители уже понимали, что что-то идет не совсем правильно, однако причину этого выявили только во время сканирования мозга, когда ей было двадцать семь лет. Левое полушарие мозга обычно связано с языком и функцией общения, но в случае Мишель оставшееся правое полушарие взяло на себя некоторые из этих функций, иначе они были бы утрачены. Притом что речевые навыки у нее развиты довольно хорошо, это ей дорого обошлось. Правое полушарие мозга обычно отвечает за визуальное и пространственное восприятие, а это как раз девушке дается с трудом. Руководитель отделения когнитивной неврологии Национального института

неврологических заболеваний в США доктор Джордан Графман, который диагностировал проблему Мишель, предполагает, что в процессе развития она не смогла приобрести все навыки, связанные с правым полушарием, потому что была слишком загружена, осваивая те, за которые обычно отвечает левое полушарие. У Мишель есть ряд проблем, например ей трудно контролировать свои эмоции и она может легко заблудиться, но потрясающе то, сколько всего ей удается при отсутствии такой большой части мозга.

Конечно, изучив эти случаи, хочется задать вопрос: не было ли это «перестроение» мозга возможным только потому, что полушарие отсутствовало с рождения и мозг развивался и адаптировался по мере роста? Насколько мозг может приспособиться, если человек лишился полушария в более старшем возрасте, когда его мозг уже развился в той или иной степени?

Когда полушарие удалено намеренно и целиком

Представьте, вам сказали, что хирурги удалят половину вашего мозга. Если вы здоровы и ваш мозг работает нормально, то это маловероятно, при этом людям, у которых наблюдаются эпилептические припадки, не поддающиеся медикаментозному лечению, приходится принимать это крайнее решение. Причина припадков – нерегулируемая электрическая активность в мозге. Обычно она появляется в каком-то определенном участке и может распространяться на другие. Однако у некоторых людей нет подобной точки начала этой активности, она возникает в нескольких местах в пределах одного полушария. Тогда удаление одного из полушарий мозга не дает электрическим импульсам переместиться в другую часть мозга, и припадки проходят.

Некоторым больным проводят гемисферэктомию только части полушария, а другим удаляют все целиком. Звучит довольно радикально и очень похоже на методы врачей Викторианской эпохи, которые не отличались деликатностью. Метод гемисферэктомии действительно известен уже довольно давно, но с момента первого использования его сильно усовершенствовали, и теперь он считается довольно эффективным. Первым известным пациентом была собака, которой провели гемисферэктомию в конце XIX века, но человеку впервые сделали такую операцию в 1920-х годах в Университете Джонса Хопкинса. Вы можете подумать, что это очень редкая процедура, при этом каждый год только в Соединенных Штатах проводятся операции более чем на 100 полушариях головного мозга, и по отчетам в общем и целом результаты просто отличные.

Гемисферэктомию проводят в любом возрасте, но более молодые пациенты восстанавливаются потом лучше, поскольку оставшееся полушарие часто берет на себя функции удаленного. Исследования показали, что у детей, перенесших гемисферэктомию, не только уменьшаются судорожные припадки, но и восстанавливаются сенсорные, двигательные и языковые функции, так как у второго полушария мозга развиваются новые возможности. Следует отметить, что сильные судороги сами по себе могут препятствовать нормальному развитию, поэтому удаление проблемного полушария может дать возможность мозгу развиваться. Самый лучший способ продемонстрировать пластичность появляется у мозга как раз тогда, когда удаляется большая его часть, но при этом он перестраивается и очень эффективно адаптируется.

Давайте рассмотрим случай Эйдена Галлахера. В 2003 году его показали в новостях на канале NBC и представили как обычного ребенка с необычной историей. Ему на тот момент было десять лет, он жил в Огайо, ходил в школу, с удовольствием занимался спортом, но с трех лет у него была только половина мозга. В детстве у мальчика случались сильные судороги, которые не давали ему нормально жить и развиваться. Его отец рассказал, как Эйден забыл уже выученный на тот момент алфавит и разучился считать; казалось, что все полученные знания ускользают.

Эйдена сделали гемисферэктомию, и после операции он хорошо восстановился, на той же неделе уже бегал по детской площадке, и никаких припадков больше не случалось. Мальчик был одним из 186 пациентов после гемисферэктомии, за которыми наблюдали американские исследователи – Асан Муса и его коллеги, чтобы больше узнать о долгосрочных результатах операции. Они обнаружили, что процедуру в целом можно назвать успешной, поскольку судороги и припадки прекращались и пациенты

нормально жили дальше, хотя у многих нарушались навыки чтения и были проблемы с языком. Однако стоит отметить, что у пациентов после гемисферэктомии, как правило, наблюдаются сложности с движениями конечностей на стороне тела, противоположной удаленному полушарию. Также у них часто бывают проблемы со зрением.

Дело о пропавшем мозолистом теле

Ни четыре доли мозга, ни два полушария не функционируют изолированно друг от друга. Последние соединены между собой так называемым мозолистым телом; это сплетение нервных волокон, передающих информацию о движении, чувствах и восприятии между полушариями.

Мозолистое тело есть не у всех. Агенезия мозолистого тела, то есть частичное или полное отсутствие этой структуры, является одним из наиболее распространенных пороков развития головного мозга (статистически от 0,5 до 70 случаев на 10 000 человек), притом что само по себе это довольно редкое состояние. Как вы понимаете, оно приводит к проблемам передачи информации в мозге. Однако удивительно, что состояние людей, у которых мозолистое тело отсутствовало с рождения, и тех, у кого оно было удалено хирургически, различается. После удаления мозолистого тела в ходе операции обычно наблюдается «синдром разъединения», при котором информация между полушариями не передается. При этом у тех, у кого никогда не было мозолистого тела, подобного синдрома не наблюдается, и информация передается успешно. Эта тайна приводила в замешательство нейробиологов в течение нескольких десятилетий. Недавно группа, куда входили исследователи из Рио-де-Жанейро и Оксфорда, с помощью психологических тестов и томографии головного мозга лучше изучила людей, родившихся без мозолистого тела. Результаты исследования свидетельствуют о том, что у них мозг активно меняется, создавая новые нейронные цепи, чтобы компенсировать отсутствие нормального пути передачи информации. Исследователи предполагают, что этот эффект возникает только на очень ранней стадии развития человека, когда растущие аксоны могут быть перенаправлены в новые пути. По словам ученых, этим можно объяснить, почему те, у кого мозолистое тело удалено хирургическим путем, не могут восстановить связь между полушариями: попросту говоря, уже слишком поздно.

Несмотря на то что мозг так удивительно пластичен, все не так радужно, как может показаться сначала. Многие из тех, кто родился без мозолистого тела, страдают от многочисленных проблем со здоровьем, у них часто наблюдают какие-то болезненные симптомы. К самым распространенным проблемам относятся интеллектуальная инвалидность, проблемы со зрением и речью, судороги, сложности с питанием и поведением.

Однако степень этих заболеваний у людей варьируется от «легкой» до «тяжелой». На практике у людей без мозолистого тела, как правило, наблюдаются задержки в развитии, когда они учатся ходить, говорить и читать. У этих людей плохая моторная координация, особенно это касается навыков, требующих координации левой и правой рук или ног (например, езды на велосипеде). А также они испытывают трудности с обработкой психической и социальной информации, что с возрастом становится все более очевидно.

Мозг – это не только большие полушария

Мы достаточно поговорили про большие полушария, теперь давайте заглянем за них и под них, туда, где находится мозжечок, или «малый мозг». Точнее, находится в том случае, если он у вас есть.

Однажды в Китае в больницу обратилась двадцатичетырехлетняя женщина с жалобами на головокружения, неспособность ровно двигаться, тошноту и рвоту. Ее осмотрели, взяли разные анализы и в том числе сделали компьютерную томографию (КТ) головного мозга. Именно тогда обнаружилась довольно существенная аномалия: отсутствие мозжечка. То место, где он должен быть, оказалось заполнено жидкостью. Как женщине удалось дожить до двадцати четырех лет и не знать, что с ней что-то не так? Она была замужем, у нее росла дочь, и беременность и роды с точки зрения медицины прошли как обычно. Ни у кого из ее родителей, братьев или сестер не было никаких неврологических проблем. Можно ли сказать, что до этого момента она жила обычной жизнью, не имея

никаких признаков отклонений? Полностью ли адаптировался мозг к тому, что в нем не хватало мозжечка? Взяли ли другие участки на себя его функции?

Не совсем. Выяснилось, что у женщины уже много лет кружилась голова и она не могла ровно ходить. Ее мать призналась, что девочка не могла самостоятельно стоять до четырех лет, а до семи лет – ходить без поддержки. Она никогда не бегала и не прыгала и только после шести научилась говорить членораздельно. Она никогда не ходила в школу. У нее немного дрожал голос, она нечетко произносила слова и вообще испытывала некоторые трудности с двигательными навыками.

Пациентке диагностировали врожденную агенезию мозжечка, и ее случай был девятым из описанных в медицинской литературе. Как видите, мозжечок отсутствует очень редко, и еще реже можно встретить взрослого человека с этой патологией, организм которого функционирует нормально. Большинство из тех, у кого с рождения не было мозжечка, имели серьезные нарушения в развитии (зачастую это связано с другими дефектами), при этом отсутствие у них мозжечка можно было обнаружить только при вскрытии. Несмотря на то что организм женщины функционировал не совсем нормально и она развивалась медленно, ее случай считается удивительным примером того, как блестяще мозг может приспособливаться во время роста и развития в детстве.

Еще один человек, живущий без мозжечка, – тридцатитрехлетний Джонатан Келехер из Бостона. В отличие от женщины, о которой мы только что рассказывали, у него аномалию мозга выявили при томографии мозга в пятилетнем возрасте. По словам матери, Джонатан тоже поздно начал садиться, ходить и говорить, однако врачи не знали, что с ним не так. С ним работали логопеды и психотерапевты, и в конце концов ему сделали томографию мозга, где и обнаружили проблему. Врач Джонатана, доктор Джереми Шмаман, невропатолог из Клинической больницы штата Массачусетс, указал, что на снимке отсутствует довольно большой участок. У Джонатана также были проблемы с координацией, а его речь характеризуют как «речь с особенностями». Несмотря на физические трудности, он работает в офисе и живет самостоятельной жизнью.

Джонатан пытался водить машину, однако его мозг просто не мог обрабатывать все происходящее во время движения и координировать его реакции и жесты. При этом нарушены были не только физические способности. У Джонатана наблюдались сложности эмоционального плана, ему было трудно понять, как вести себя в разных социальных ситуациях или как проявлять эмоции. Большинство из нас автоматически с возрастом изучают эти аспекты жизни, но Джонатану приходилось учиться этому специально. По словам Шмамана, изучая эти вещи, он обучал другие области мозга выполнять работу мозжечка. Так зачем же нам нужен мозжечок? Этот отдел составляет около 10 % общего веса нашего мозга, и хотя он намного меньше полушарий, в его коре содержится больше нейронов, просто они там плотнее упакованы. Мозжечок играет важную роль в движении и координации человека, включая сложные манипуляции, например когда нужно одновременно задействовать пальцы и глаза, чтобы вдеть нитку в иглу. Также он необходим при усвоении двигательных навыков, которые остаются с вами на всю жизнь, таких как ходьба, говорение, скалолазание и другие. Поэтому любые проблемы с мозжечком у ребенка могут сильно повлиять на развитие моторики. По сути, с помощью мозжечка мы планируем действия, контролируем и осуществляем движения туловища, конечностей и глаз. Иногда его называют «техническим интеллектом», в отличие от социального интеллекта. Шмаман изучает мозжечок уже много лет и полагает, что главная цель этого отдела мозга – сделать нас не такими неуклюжими.

Случаи Джонатана и женщины из Китая показывают, что, несмотря на важные функции мозжечка, без него можно обойтись. Люди без него живут вполне обычной жизнью, хотя им и требуется поддержка других при решении ряда проблем. Конечно, если у нас есть мозжечок, то мы справимся гораздо лучше, но, вероятно, он не нужен нам весь целиком. Если люди могут без него прожить, может, именно он и является избыточной частью мозга?

Давайте вкратце рассмотрим эту ситуацию. Если без мозжечка можно жить, то важно ли нам, насколько он велик, если он все-таки есть? Есть исследования, показывающие, что чем больше мозжечок, тем

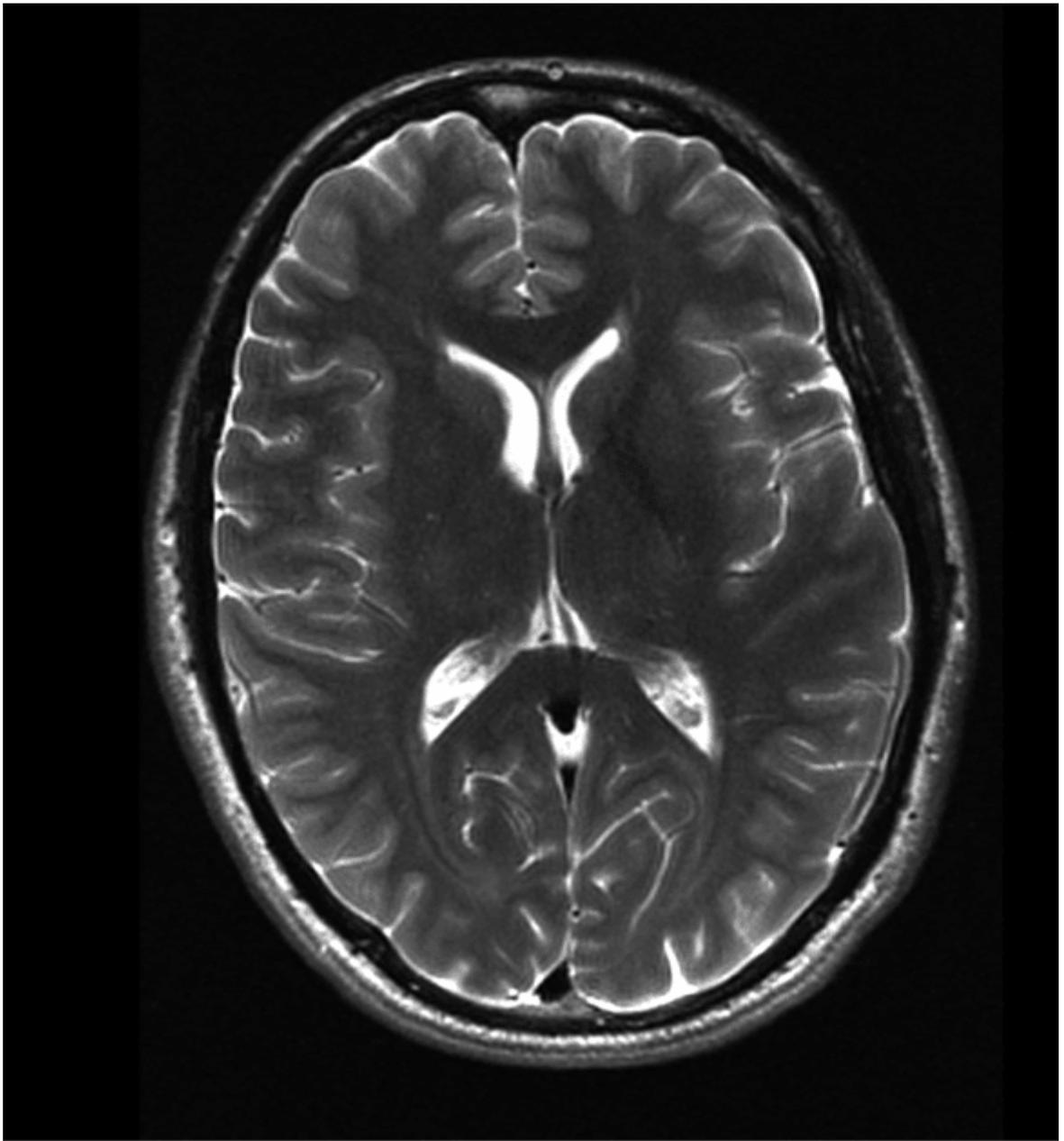
лучше развита мелкая моторика и память на слова. Исследования с участием пожилых людей также показали: чем больше серого вещества в мозжечке, тем лучше общие познавательные способности. В среде неврологов обычно обсуждается, насколько удивительны большие полушария мозга, и все внимание посвящено им, при этом, как оказалось, в мозжечке в четыре раза больше нейронов, и сейчас исследователи стараются понять, какие важные функции он контролирует. В процессе эволюции человеческий мозжечок увеличивался очень быстро, и, по мнению некоторых исследователей, это свидетельствует о том, что технический интеллект как минимум не менее важен в развитии человеческого мозга, чем социальный. Для того чтобы научиться выполнять сложные последовательности действий, важно контролировать чувства и движения, и благодаря эволюции мозжечка у людей усложнились технические навыки. Есть вероятность, что это, в свою очередь, дало людям другие социальные возможности и позволило им взаимодействовать, например используя язык. Существует мнение, что мозжечок помогает скоординировать слоги так, чтобы они звучали быстро, плавно и ритмически организованно.

Мозг – это не просто набор отдельных частей

Мы рассматривали людей, у которых отсутствовала какая-то определенная часть мозга, но есть и те, у кого было повреждено более одной области.

Шэрон Паркер была еще ребенком, когда выяснилось, что у нее не более 15 % нормального мозга, при этом IQ у нее выше среднего – 113. В детстве у нее была гидроцефалия, обычно говорят, что это «вода в мозге». Избыток жидкости вытеснил ее мозг к краю черепа, и голова начала увеличиваться. Однако к тому времени, когда проблему обнаружили и начали решать, прошло уже девять месяцев, что привело к образованию большого отверстия в середине мозга Шэрон. Но мозг удивительным образом адаптировался к этому физическому напряжению и перестроился, чтобы уместиться в необычном пространстве. Он разошелся ближе к краям черепа, и обычно кривая поверхность растянулась и сплюснулась, особенно это видно на лобных долях, а часть массы опустилась к нижней части черепа. Фактически есть ощущение, что у Шэрон не 15 % мозга, а целый мозг, просто он уникальной формы и с большой дырой по центру. Несмотря на то что у девушки есть некоторые проблемы с кратковременной памятью и с запоминанием последовательностей чисел, например номеров телефонов, она ведет нормальную жизнь: живет в Йоркшире, работает медсестрой, замужем и растит троих детей.

1.



2.

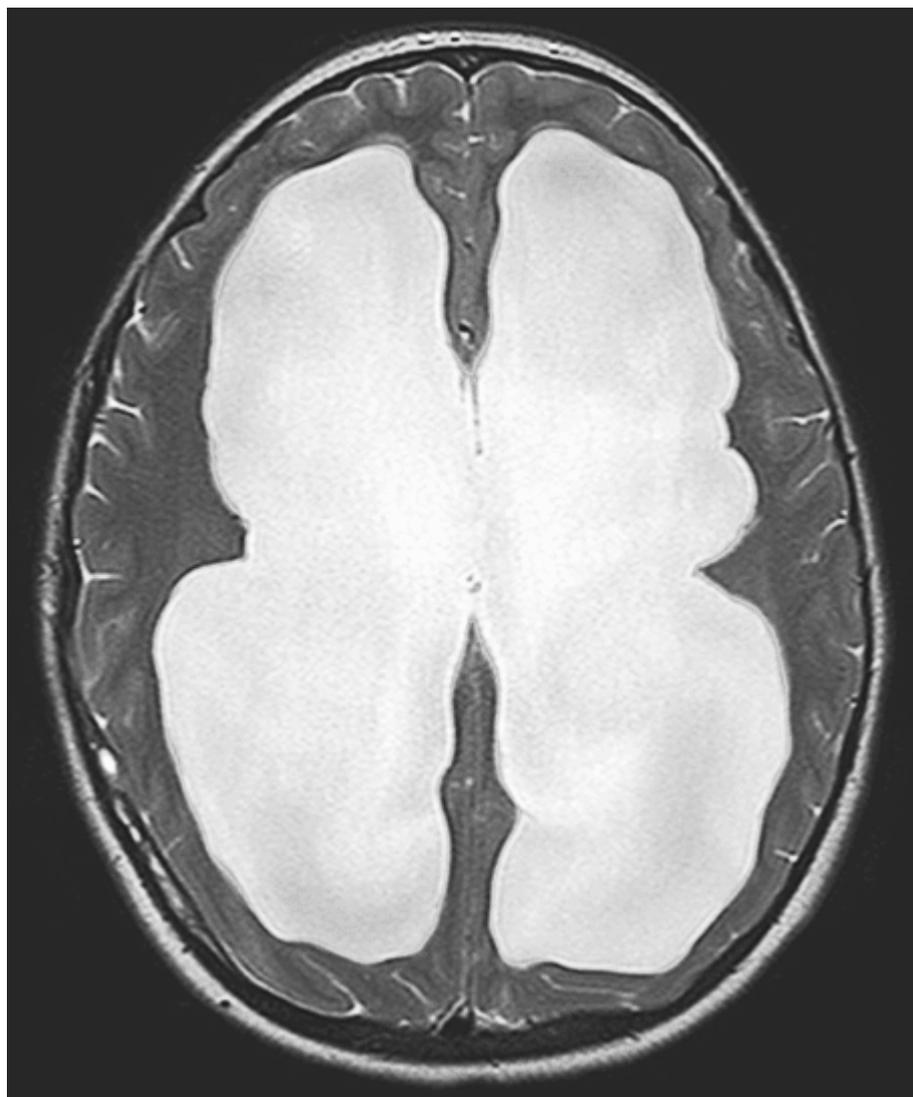


Рис. 6.

1. МРТ-снимок «здорового» мозга. © The Wolfson Brain Imaging Centre, University of Cambridge

2. Гидроцефалия бокового желудочка. © Living Art Enterprises/Science Photo Library

Шэрон – не единственная, кто живет с большой дырой в центре мозга из-за детской гидроцефалии. У одного французского чиновника (он женат и у него двое детей) обнаружили дыру в мозге, когда ему было около сорока пяти лет и у него возникли проблемы со здоровьем. Томография показала, что его мозг, как и у Шэрон, был расположен ближе к краям черепа, а в некоторых областях кора была очень тонкой. Когда ему было шесть месяцев, его лечили от гидроцефалии. По результатам тестов его IQ оказался ниже среднего, но при этом мужчина вел довольно обычную жизнь.

Разрушительный путь пули

Имя Габриэль Гиффордс, члена конгресса США из Аризоны, попало в заголовки международных новостей, когда на нее было совершено покушение в 2011 году. Габриэль Гиффордс присутствовала на публичном мероприятии в супермаркете, и ей выстрелили в голову. Несколько других участников встречи ранили, а шестеро были убиты. Это было чудовищное нападение, и удивительно, но Габриэль выжила. Для справки нужно сказать, что примерно 90 % людей, которым стреляли в голову, умирают. Было множество факторов, которые помогли Габриэль выжить, и один из них – тот, что пуля повредила определенный участок мозга: она прошла через левую сторону. Однако если бы она повредила обе половины, и правую, и левую, то женщина, скорее всего, умерла бы. Мало того что Габриэль выжила,

она продолжила писать книги и стала одним из основателей организации, выступающей за усиление контроля за оружием в Штатах.

И хотя нам точно неизвестно, какие участки мозга Габриэль были задеты, мы знаем, что впоследствии у нее начались проблемы со здоровьем. У нее парализованы правая рука и нога, ей трудно говорить, и оба глаза видят плохо.

Пули, как и любой другой объект, проникающий в череп и мозг, как правило, вызывают обширные повреждения и в большинстве случаев приводят к смерти. Несмотря на то что некоторым людям удается пережить довольно серьезные травмы, все зависит от того, какой участок мозга поврежден и сколько важных областей затронуто. По данным Американской ассоциации нейрохирургов, пулевое ранение, проходящее через правую лобную долю ко лбу значительно выше основания черепа, скорее всего, не приведет к серьезным последствиям, поскольку не затрагивает жизненно важные ткани мозга или сосудистые структуры. При этом точно такое же ранение, проходящее вниз от левой лобной доли к височной доле и стволу мозга, может привести к смерти, поскольку затрагивает более значимые ткани и может повредить важные кровеносные сосуды.

Некоторые люди действительно выживают, несмотря на серьезные травмы мозга, вызванные посторонними предметами, проходящими через него, но вот вернуться к обычной жизни и работе им вряд ли удастся. Практически все они остаются инвалидами. Конечно, последствия для здоровья зависят от характера и тяжести травмы и, среди прочего, от места ее нанесения. Например, повреждения лобной доли и мозжечка приводят к абсолютно разным последствиям: при травме лобной доли может измениться личность, а при повреждении мозжечка человек станет неуклюжим.

А что, если мозг меньше по размеру, чем он должен быть?

В преддверии Олимпийских игр 2016 года в Бразилии вспыхнула эпидемия вируса Зика, она захлестнула Южную Америку и даже просочилась в другие части света. У здоровых взрослых этот вирус вызывал относительно легкие симптомы, однако у малышей, чьи матери перенесли вирус во время беременности, случались нарушения развития. Среди проблем со здоровьем у этих детей наблюдалась микроцефалия, то есть размер головы был намного меньше, чем должен быть. Фотографии младенцев с этим заболеванием размещали на первых полосах газет. Если голова ребенка оказывается очень мала, это происходит потому, что мозг не растет как следует. Различают несколько степеней микроцефалии в зависимости от того, насколько патология влияет на жизнедеятельность. У некоторых детей с этим заболеванием сохраняется нормальный интеллект и не наблюдается особых когнитивных проблем, а другие могут пострадать довольно сильно: микроцефалия в ряде случаев приводит к задержке развития, проблемам со слухом и зрением, нарушениям питания, проблемам с координацией и движениями и даже к умственной отсталости.

Еще одно имеющее отношение к мозгу нарушение развития, при котором он очень сильно уменьшен, – это анэнцефалия. При этом редком состоянии, представляющем собой результат дефекта нервной трубки, ребенок рождается без каких-то участков мозга и черепа. К сожалению, рожденные с анэнцефалией умирают в течение нескольких дней, а иногда даже часов. Людям не дано выжить при такой степени нарушения развития.

Что же мы узнали о том, какой мозг нам нужен?

Люди явно могут выжить, а во многих случаях даже жить полноценной жизнью, с нецелым мозгом, однако обычно это им дорого обходится. У большинства из тех, у кого отсутствует часть мозга, есть физические, поведенческие или эмоциональные отклонения, различающиеся по степени тяжести. Однако, как показывают наши исследования, характер проблем во многом зависит от отсутствующей части мозга. Коул Коэн, у которой не было теменной доли, не ощущает время, не осознает пространство и с трудом обращается с цифрами. У людей с поврежденной лобной долей меняется личность, и они начинают жить совершенно по-другому. Люди с гемисферэктомией испытывают проблемы со зрением и речью, а также у них отказывают конечности. Похоже, именно с этими симптомами живет Габриэль

Гиффордс, у которой пуля прошла через левую часть головы. Джонатан Келехер и молодая китайка, у которых не хватает мозжечка, довольно поздно научились делать то, что другие люди осваивают раньше, и до сих пор неуклюжи и нечетко говорят. Это очень похоже на людей без мозолистого тела, хотя у них есть особые проблемы с координацией, преимущественно касающиеся навыков, при которых обе стороны мозга работают сообща.

Но что же происходит внутри мозга, которому удается приспособиться, несмотря на отсутствие каких-то частей? Мозг постоянно реорганизуется, а его клетки формируют новые связи и начинают работать иначе. Это может произойти в ответ на обучение, новый опыт или повреждение, будь то травма или болезнь. Раньше считалось, что мозг может создавать новые нейронные пути, только находясь в процессе развития, то есть в детстве, однако было замечено, что взрослый мозг тоже пластичен по своей природе и может перестраиваться, чтобы адаптироваться к изменяющейся локальной среде. Это общий принцип, но что именно происходит на молекулярном и клеточном уровнях нейропластической активности, ученые пока не знают. Несмотря на это, принципы пластичности уже используются во время реабилитационных программ, чтобы помочь людям, перенесшим черепно-мозговую травму, восстановить и скорректировать какие-то функции.

Как показывают исследования, мозг восстанавливается в течение недель или даже месяцев после травмы. Мало того, если посмотреть, что происходит на молекулярном и клеточном уровне в мозге после травмы, это очень похоже на процесс нормального развития мозга. Точно так же, как маленьким детям нужно обеспечить богатую раздражителями среду, чтобы максимально ускорить их обучение и развитие, людям после мозговых травм необходимо стимулировать мозг, чтобы они снова и снова выполняли разные задачи, направленные на физическое или когнитивное развитие, чтобы вырастить новые клетки мозга^[19] и помочь ему адаптироваться. Тем не менее есть вероятность, что успех тех, кому необходимо восстановить когнитивные или физические функции в большом объеме, главным образом зависит от сроков реабилитации. Похоже, что различные биологические факторы, способствующие росту новых нейронов и образованию нейронных путей, работают только в течение довольно небольшого периода времени после травмы, поэтому существует некий оптимальный период, в течение которого методы реабилитации особенно эффективны. Именно поэтому врачи, как правило, считают, что первые часы, дни и недели после травмы наиболее важны в процессе выздоровления человека, и от того, что и как люди делают в это время, часто и зависят хорошие показатели в долгосрочной перспективе.

Молодость или опыт?

Многие случаи, которые мы рассматривали, показывают, что мозг лучше перестраивается и адаптируется к существованию без тех или иных частей во время раннего развития. Было бы логично предположить, что то же самое происходит в случае черепно-мозговой травмы: мозг ребенка пластичнее, чем у взрослого, и, следовательно, он в большей степени способен менять направление нейронных путей и возобновлять функции. Но действительно ли дети восстанавливаются лучше? Многие исследования показали, что дети после черепно-мозговых травм хорошо поддаются реабилитации и их мозг эффективно перестраивается, компенсируя функции, которые в противном случае были бы утрачены при повреждении или потере какого-то участка мозга. Однако нам также известно, что многие дети на всю жизнь остаются инвалидами и страдают от последствий травмы, полученной в раннем возрасте, так что очевидно, что развивающийся мозг способен с ней справиться, но при этом он сильно изменится. Есть данные, свидетельствующие о том, что черепно-мозговая травма может помешать нормальному развитию человека. Как и у взрослых, у детей после травмы головного мозга могут наблюдаться явные физические последствия и изменения способностей, например проблемы с движением или чувствами. Однако, в отличие от ситуации со взрослыми, полную картину того, как травма отразилась на ребенке, мы можем не видеть в течение многих лет. Некоторые дети сразу после травмы идут вполне в ногу со сверстниками, вовремя достигая всех этапов развития, но в последующие годы возникает разрыв. Например, пока ребенок только-только начинает развиваться, учится ходить и говорить, он осваивает все навыки, свойственные его возрасту, но, когда становится подростком, испытывает сложности с более продвинутыми функциями, такими как планирование своего

времени или нормальное социальное и эмоциональное поведение. Это опять вопрос времени. Очень важно, на каком именно этапе развития ребенок получает черепно-мозговую травму, а также имеют значение и другие факторы, такие как характер и тяжесть травмы, генетика ребенка, социальное происхождение и домашняя обстановка, а также возможность получить доступ к услугам реабилитации.

Несмотря на это, нужно сказать, что взрослые с возрастом сохраняют способность адаптироваться и восстанавливаться после черепно-мозговой травмы, хотя следует признать, что пожилые люди реабилитируются в этих случаях медленнее. Как ни грустно, но с возрастом многие вещи ухудшаются, и врожденная пластичность мозга – не исключение.

На этом месте может быть любой из нас!

Конечно, случаи, когда люди живут без какой-то части мозга, отсутствующей с рождения, очень редки. Известно всего несколько человек, кому удалось относительно нормально жить и функционировать. Безусловно, их на самом деле больше, но о ком-то мы просто не знаем либо потому, что эти люди живут в местах, где не так просто сделать томографию мозга, либо потому, что никто и не думал делать ее, либо потому, что несмотря на проблемы, которые они испытывают, они считают, что у них просто вот такая жизнь. Конечно, наверняка есть несколько человек, у которых неполный мозг, но при этом они не испытывают никаких серьезных проблем, поэтому им в голову не приходило обратиться за профессиональной помощью или диагнозом. У любого из нас может не быть какой-то части мозга, и мы даже не будем об этом знать. Если вам не делали томографию и никто не видел, что там, откуда вы знаете, что у вас в мозге есть всё и всё работает правильно?

ВЗГЛЯД СО СТОРОНЫ

Доктор Фергус Грейси, консультант и клинический нейропсихолог в отделении Национальной службы здравоохранения в Кембриджшире, а также старший научный сотрудник в Отделении клинической психологии в Университете Восточной Англии, Великобритания

Обычно Фергус работает с людьми, перенесшими травмы лобной доли. Он говорит, что его пациенты обычно производят впечатление нормальных людей, они могут ходить и говорить, однако на самом деле у них есть большие проблемы в других сферах жизни. На ранней стадии восстановления их физические способности улучшаются, однако часто у них сохраняются или развиваются проблемы с функциями более высокого уровня. Будучи старшим научным сотрудником, Фергус пытается узнать как можно больше о черепно-мозговых травмах у взрослых и детей.

– Итак, Фергус, как вы думаете, почему у некоторых людей мозг после травмы адаптируется к жизни, а у других – нет?

– Конечно, чем меньше повреждений, тем лучше, однако все очень индивидуально. Частично это зависит от индивидуальных особенностей мозга, но в большей степени – от социальной и физической среды, в которой живет человек.

Есть множество факторов, увеличивающих пластичность мозга после травмы. Большое значение имеет среда. Брайан Кольб^[20], изучая крыс с повреждениями мозга, показал, что грызуны в более обогащенной среде восстанавливались быстрее остальных. Также уровень образования влияет на восстановление: чем он выше на момент получения травмы, тем быстрее человек восстанавливается. Кроме того, человек может быть более уязвимым с точки зрения генетики. Например, даже при легкой черепно-мозговой травме у небольшого процента людей возникают значительные трудности, несоизмеренные уровню повреждения. Есть версия, что эти люди просто более уязвимы ввиду их генетики, хотя на сегодняшний день у нас нет достаточного количества доказательств. Человек может сильно измениться в результате черепно-мозговой травмы, полученной в детском возрасте. Здесь очень важно отношение родителей и семьи: чем меньше стресса и больше тепла, тем эффективнее восстановление. Есть несколько

факторов, влияющих на этот процесс, и, кроме семейных, ни один из них не является очевидным, когда вы работаете с пациентами в клинике.

Решающее значение имеет вмешательство в острой фазе. Например, если в случае с инсультом действовать быстро и уменьшить последствия начального повреждения, скажем, снизить внутричерепное давление после кровотечения, это поможет лучше восстановиться. Если смотреть с точки зрения долгосрочной перспективы, то есть несколько практических действий, которые можно предпринять. Например, можно тренировать мозг, снова и снова давая человеку определенные задачи и головоломки, это повышает активность в конкретных участках мозга и способствует восстановлению. Тем не менее в настоящее время не так много доказательств, что подобные действия приносят большую пользу, а также непонятно, как это отражается на повседневной жизни человека. Это работает для восстановления при повреждении одного участка мозга, а не всего органа целиком, что не имеет особого смысла в жизни. Мне нравится пример: вы заставляете человека ходить в тренажерный зал и много раз делать конкретные упражнения, чтобы накачать один бицепс, а затем приводите его на футбольное поле и ждете, что он будет хорошо играть в футбол. Это не работает. У вас получится отличный однорукий тяжелоатлет, но не более того.

Чтобы помочь человеку пройти реабилитацию, нужно понимать, каким он был до травмы. Если, например, пациент до нее пользовался различными инструментами планирования и записывал дела в ежедневник, то при восстановлении хорошо бы тоже вспомнить про них. Ваша цель: минимизировать трудности и максимизировать способности, используя соответствующие инструменты и методы. Узнайте, каковы цели человека и чего он хочет от жизни.

– Вы можете рассказать о каких-нибудь удивительных случаях восстановления мозга из вашей практики?

– Все случаи, с которыми я работал, так или иначе удивительны на всех уровнях. Не забывайте, что многие люди с видимой травмой головы провели довольно много времени в реанимации без сознания. Вероятно, они побывали в ситуации, когда в течение нескольких недель у них был один шанс выжить из тысячи, и травма зачастую настолько серьезна, что единственным результатом может быть плохой результат. Выживут ли они и как будут жить дальше, в некоторой степени зависит от чуда.

– Учитывая все эти необычные случаи, которые вы наблюдали и о которых слышали за время работы, ответьте, пожалуйста: какой мозг на самом деле нужен человеку?

– Весь, что у него есть. Мы недостаточно ценим свой мозг. Чем больше я работаю с людьми с повреждениями мозга, тем больше осознаю, что важно иметь весь мозг. Да, бывает, что люди, у которых не работают какие-то участки мозга, добиваются удивительных вещей. Если бы вы спросили меня, какую часть мозга я больше всего боюсь повредить или удалить, то ответ простой: любую часть лобных долей, особенно орбитофронтальные или вентромедиальные области. Они играют ключевую роль в интеграции эмоций в процесс принятия решений и лежат в основе нашей способности контролировать сложные ситуации, включая социальное общение.

В конце концов, если какой-то участок мозга мертв, то он мертв. Именно поэтому восстановление – это способность мозга перестроиться и позволить человеку научиться делать какие-то вещи. И здесь речь не только об индивидуальности. Существует теория, известная как «распределенное познание». Познание и знание распределяются по нашей среде. Так что человек не должен знать или помнить все сам. Вспомните, насколько мы полагаемся на других людей, когда видим их, когда они напоминают нам что-то, и так далее. Они поддерживают нас в том, что нам важно. Поэтому если мозг функционирует плохо или какая-то его часть вообще отсутствует, нам будет полезно, если в среде есть вещи, которые компенсируют это. Представьте себе человека, который с трудом общается после черепно-мозговой травмы. Вероятно, он живет с кем-то, например с супругой или супругом или родителями, которые его хорошо знают и проводят с ним так много времени, что могут понять, чего он хочет, даже если он при

этом плохо говорит. Фактически они становятся единым целым и работают сообща, если человек с травмой пытается что-то сказать.

Если мы теряем какую-то часть мозга, то впоследствии нам понадобится среда, в которой мы сможем обходиться без нее. Здесь мы возвращаемся к разговору о важности обогащенной окружающей среды. Безусловно, то, что происходит в среде, влияет на мозг. Когда мы думаем о том, какой мозг нам необходим, нам нужно одновременно спрашивать, сколько всего должно быть при этом вокруг нас. Самое важное здесь – взаимодействие между мозгом и средой. Таким образом, теоретически вы можете позволить себе иметь меньше мозга, если располагаете правильными инструментами окружающей среды.

7

Под ударом: как реагирует мозг, когда его часть работает хуже?

Мы рассмотрели случаи, когда мозг адаптируется к существованию без определенных участков, но как он поведет себя, если в течение долгого времени будет подвергаться негативному воздействию? Даже у людей с полноценным с точки зрения строения мозгом все может измениться. На работу мозга сильно влияют очень разные факторы, например болезни или экологические проблемы. Причем у некоторых людей результаты такого воздействия проявляются быстро, состояние человека ухудшается и какие-то функции отказывают, а другие страдают гораздо меньше и дольше остаются здоровыми. Почему так происходит? Зависит ли это от того, какая именно часть мозга поражена, насколько хорошо человек себя чувствовал до того, как это произошло, сколько ему лет или это просто вопрос удачи? Может ли получиться так, что у людей с более высоким IQ, даже при более сильных повреждениях, сохранится больше функций, необходимых в обычной жизни? Может ли мозг оставаться пластичным, несмотря на разные проблемы или постепенное воздействие какого-то негативного фактора в течение долгого времени?

Нам интересно, до какой степени мозг может справиться с различными приступами и негативным воздействием среды, а также как все это отразится на его размере и качестве, необходимом для нормального функционирования. Мы изучаем, что может угрожать мозгу, а также рассматриваем примеры его реакций в этих случаях. Для удобства все условия разделили на группы: одна группа больше связана с двигательной функцией, а другая – с когнитивной. Понятно, что это довольно упрощенное разделение, и на самом деле многие факторы, которые мы рассмотрим, могут повлиять одновременно и на моторные, и на когнитивные функции, но это хороший способ изучить проблемы, с которыми может столкнуться мозг. Несмотря на это разделение, есть одна общая особенность, характерная для любой проблемы: мозг сжимается. Это распространенная реакция на любой негативный фактор: весь мозг целиком или какая-то его часть становится меньше. Явление это довольно распространенное, но пока неясно, что эта усадка дает с практической точки зрения и свидетельствует ли она о том, что мы можем существовать без целого мозга.

Двигательные проблемы

Давайте сначала посмотрим, что может случиться с мозгом, чтобы нарушены были главным образом двигательные функции. Когда болезнь постепенно воздействует на физические способности человека, как реагирует на это мозг? Существует множество неврологических заболеваний, затрагивающих способность управлять движениями, но мы коротко поговорим только о двух из них: о рассеянном склерозе и болезни двигательного нейрона. Телезнаменитость Джек Осборн, сын рок-певца Оззи Осборна, впервые понял, что с ним что-то не так, когда почти перестал видеть правым глазом. В 2012 году у него нашли рецидивирующе-ремиттирующий рассеянный склероз. В то время дела у него шли очень хорошо, он работал, а его жена только что родила ребенка.

Рассеянный склероз – одно из самых распространенных заболеваний центральной нервной системы, им болеют почти два с половиной миллиона людей по всему миру. Так же как и у Джека, у большинства из них болезнь диагностировали в период с двадцати до сорока лет. Это хроническое заболевание,

поражающее нервы спинного и головного мозга, включая зрительные. Иммунная система атакует защитную миелиновую оболочку, которой покрыты нервы, из-за этого нарушается связь между мозгом и другими частями организма, и внешне это проявляется по-разному. На поврежденных участках миелиновой оболочки образуются рубцы (или участки склероза). У людей с рассеянным склерозом таких рубцов становится несколько, поэтому заболевание еще называют «множественным склерозом».

Обычно у человека наблюдается одна из четырех форм заболевания, по степени варьирующихся от легкой до тяжелой. В зависимости от того, в каком месте находится поврежденный нерв, симптомы могут быть разными: сильная утомляемость, сложности с контролем мышц, координацией, зрением или речью, подвижностью и познавательными способностями (например, с мышлением, обучением и планированием). У Джека были проблемы со зрением, из-за которых он понял, что что-то не в порядке. У кого-то рассеянный склероз может проявиться по-другому, например внезапно возникают проблемы с подвижностью или координацией.

Помимо повреждения отдельных нервов значительные изменения происходят в мозге. По мере того как заболевание разрушает нервные клетки, мозг может сжиматься. Усадка мозга, или атрофия, происходит даже на ранних стадиях рассеянного склероза, и на этом явлении основан визуальный метод определения степени заболевания у пациентов. Было установлено, что потеря объема мозга частично связана с физическими проблемами и когнитивными нарушениями вследствие рассеянного склероза. Интересно, что заболевание по-разному влияет на белое и серое вещество: серое вещество «усаживается» сильнее, хотя пока не ясно, что страдает больше, белое вещество или серое. Если все-таки одно из них важнее, чем второе, то, возможно, в будущем мы узнаем, сколько нам нужно каждого из них, чтобы организм нормально функционировал и можем ли мы позволить себе потерять какое-то количество серого или белого вещества, не испытывая проблем.

Возникает вопрос: почему, если мы больны неизлечимой прогрессирующей болезнью, мы вообще беспокоимся о том, что теряем какую-то часть мозга и зачем измеряем эту часть? Ну, во-первых, усадка мозга на биологическом уровне показывает, что происходит в мозге во время заболевания, что, в свою очередь, может помочь при разработке новых методов лечения. Во-вторых, важно измерять потерю объема, чтобы понимать, работает ли новое лечение. Несмотря на то что ученым пока не удалось найти способы восстановления пораженных участков мозга, клинические испытания показали, что лечение снижает потерю объема мозга и это может в конечном итоге повлиять на клиническую практику.

Как вы понимаете, при рассеянном склерозе нервы могут повредиться в любом месте организма, поэтому у всех людей он проявляется по-разному, а их состояние сильно различается. Более того, нельзя даже предсказать, какие появятся симптомы; у некоторых состояние постоянно ухудшается, а у других симптомы появляются и проходят. Именно поэтому мы часто слышим про рецидивы, то есть периоды, когда симптомы проявляются сильнее, и ремиссии, когда состояние улучшается или даже исчезают симптомы. До сих пор неизвестно, почему болезнь протекает настолько по-разному даже у людей, которым диагностировали один и тот же тип рассеянного склероза.

На примере разных типов рассеянного склероза видно, что эта болезнь протекает не так просто, как другие, когда человек заболевает и его состояние ухудшается. В этой главе мы поговорим, как мозг реагирует на болезнь, притом что в данном случае он не сдается при первой же атаке. Одной из особенностей рассеянного склероза является удивительная способность многих пациентов внезапно избавляться от неврологических проблем, связанных с воспалительными приступами в центральной нервной системе. У этих людей во время рецидивов большинство проблем почти полностью разрешаются через несколько дней или недель. Исследование очагов поражений головного мозга при рассеянном склерозе показало наличие органической молекулярной реакции с участием различных белков и молекул, которые обеспечивают защиту и стимулируют восстановление. Как только мы узнаем больше о том, что происходит, мы сможем эффективнее использовать хитрые восстановительные биологические механизмы с целью убрать воспалительный процесс и нормализовать работу мозга. Также эти знания могут быть полезны при лечении других неврологических заболеваний.

Помните Ice Bucket Challenge? Люди должны были сделать пожертвование, облить себя ледяной водой из ведра и разместить видео в социальных сетях. Этот флешмоб проводили вместе с кампанией, направленной на повышение осведомленности о боковом амиотрофическом склерозе и сборе средств на исследование этой болезни. Боковой амиотрофический склероз – это одна из форм болезни двигательного нейрона (БДН), прогрессирующего неврологического состояния, вызывающего серьезные проблемы с движением.

БДН постепенно разрушает моторные нейроны головного и спинного мозга, и сигналы постепенно перестают поступать в мышцы, что приводит к слабости и сильному упадку мышечных сил. Это может отразиться на способности человека ходить, говорить, есть, пить и дышать. К сожалению, большинство случаев БДН в конечном итоге приводят к смерти, поскольку в настоящее время лечения от нее нет. Существуют различные типы этого заболевания, и они по-разному проявляются: отличаться могут как симптомы, так и предполагаемая продолжительность жизни (хотя что-то общее есть в любом случае). Люди с редкой формой БДН, называемой первичным боковым склерозом, могут иметь нормальную продолжительность жизни, но при более распространенных формах заболевания, таких как боковой амиотрофический склероз (БАС), этот показатель значительно ограничен: большинство людей после постановки диагноза живут менее пяти лет.

Согласно исследованиям, у людей с БАС объем мозга уменьшается, особенно в лобной и височной областях. В этой главе мы рассматриваем усадку мозга в целом, однако в данном случае интересно расположение уменьшающихся областей, учитывая, что БАС, как считается, в первую очередь затрагивает двигательную функцию. Исследователи предполагают, что усадка фронтальных и височных областей означает не только двигательные нарушения; это говорит о том, что болезнь может повлиять и на когнитивные способности. Несмотря на это, есть доказательства, что лишь у немногих пациентов с БДН наблюдаются изменения в поведении и познавательных способностях, причем причина этих изменений до сих пор не ясна. Возможно, чтобы симптомы проявились, мозг должен «сжаться» в каких-то областях до определенной степени. Здесь самое время рассказать о человеке с БАС, у которого, несмотря на болезнь, совершенно точно нет никаких проблем с познавательными способностями.

Когда речь заходит о болезни двигательного нейрона, мы часто вспоминаем блестящего физика, профессора Стивена Хокинга, который бросил вызов судьбе и уже прожил намного дольше, чем предполагалось в его состоянии^[21]. Ему поставили диагноз БАС в двадцать один год, и врачи дали ему всего два года жизни. Это звучало довольно разумно, учитывая, что в наше время при всех современных медицинских технологиях, с помощью которых можно продлить человеку жизнь, средняя продолжительность жизни людей с БАС составляет от двух до пяти лет. Хокингу за семьдесят. Мы знаем, что он невероятно умен. Может быть, именно его необыкновенный мозг и защищает себя от ударов? (Позже мы поговорим о том, хорошо ли быть умным с точки зрения защиты мозга от болезней.) А может, Хокинг – сверхчеловек, способный противостоять серьезной болезни?

Частично ответ может заключаться в том, что диагноз ему поставили в очень молодом возрасте. Как правило, людям диагностируют это заболевание после пятидесяти, но было установлено, что у тех, у кого БАС развивается раньше, показатели выживаемости гораздо лучше, хотя пока неизвестно почему. Это вызывает много вопросов. Отличаются ли те, кто заболел в молодом возрасте, генетически или биологически? Отличается ли болезнь, развивающаяся у молодых людей, от той, которой болеют пожилые? Может ли молодой мозг в какой-то степени лучше противостоять болезни, чем более старый? Или, может, молодые люди просто здоровее физически и, следовательно, могут дольше бороться с болезнью?

Много лет назад Алексис (одна из авторов этой книги) жила по соседству с профессором Хокингом в Кембридже и время от времени встречала его. Безусловно, нет ничего необычного в том, чтобы иногда видеть соседа. Тем не менее однажды вечером, возвращаясь домой на машине, она вывернула из-за угла, и ей пришлось резко затормозить, чтобы не врезаться в него: он медленно катился в инвалидной коляске посередине дороги, не включив фары. Только представьте себе, какие заголовки могли появиться в прессе!

Два заболевания, которые мы рассмотрели в этом разделе, совершенно разные, хотя и являются оба нейродегенеративными, поражающими в первую очередь двигательную систему. Формы рассеянного склероза и его последствия существенно разнятся, при этом люди с этим состоянием обычно живут долго, а большинство пациентов с болезнью двигательного нейрона быстро становятся инвалидами и умирают в течение нескольких лет с момента появления симптомов. У людей с рассеянным склерозом наблюдается больше проблем с познавательными функциями, чем у людей с БДН, испытывающих сложности с движением. Симптомы рассеянного склероза начинают проявляться в более молодом возрасте, чем БДН, и чаще он встречается у женщин, а вот от БДН страдает больше мужчин. И так, несмотря на то что в первую очередь затрагиваются двигательные функции, мозг и организм очень по-разному реагируют на эти заболевания.

На основании доказательств, связанных с двигательными проблемами, ясно, что выбрать, без каких частей мозга можно было бы обойтись, нелегко, так как мозг по-разному реагирует на трудности, с которыми сталкивается; все зависит от характера проблемы. Вероятно, мы сможем сказать больше, посмотрев на реакцию мозга под воздействием факторов, негативно влияющих на когнитивные функции.

Когнитивные проблемы

Теперь давайте поговорим о заболеваниях и других проблемах, которые в первую очередь поражают когнитивные функции мозга. Все мы знаем, что с возрастом познавательные способности постепенно ухудшаются, и мы становимся уже не такими смыслеными, как раньше. Однако у многих людей этот процесс выражен гораздо сильнее, чем просто при обычном старении. У них развивается деменция, прогрессирующий синдром, при котором наблюдаются потеря памяти и проблемы с пониманием информации, снижается скорость мышления, суждения, восприятия, хуже работает речь, и даже обычные повседневные задачи человеку становится сложнее выполнять. Посчитали, что в 2015 году в мире жило почти 47 млн человек с деменцией, и сейчас, например, это основная причина смерти в Англии и Уэльсе, от деменции там умирает больше людей, чем от болезней сердца.

Существует примерно 100 разных типов деменции, и второй по популярности – сосудистая деменция, или слабоумие, часто проявляющаяся как несколько мини-инсультов. Однако наиболее распространенной причиной старческого слабоумия является болезнь Альцгеймера. Об этом заболевании слышали все, и многие его опасаются. Исследования, проведенные в Великобритании и США, показали, что больше всего люди боятся заболеть именно слабоумием, или болезнью Альцгеймера, наряду с раком.

Что же происходит в мозге при болезни Альцгеймера? При этом заболевании он подвергается серьезному и прогрессирующему негативному воздействию. В нем появляются белковые образования, называемые бета-амилоидами и тау-белком. Скопления клеток бета-амилоидов образуют бляшки, а тау-белки больше похожи на спутанные клубки, и, когда они накапливаются в определенных областях мозга, они не дают здоровым нейронам нормально функционировать. Сигналы между синапсами прерываются, и нейроны больше не могут общаться друг с другом, при этом нарушается транспортировка важных для клеток питательных веществ, в результате чего нейроны в конечном итоге погибают. Сигналы внутри мозга перестают проходить плавно и теряются, нарушаются мышление и память.

Как видите, это заболевание довольно серьезное, однако оно совсем не обязательно развивается быстро. Считается, что болезнь Альцгеймера начинается за много лет до того, как появляются симптомы. Этап, когда возникают первые симптомы, называется «легкими когнитивными нарушениями»^[22]. По мере развития болезни Альцгеймера кора головного мозга усыхает и сжимается, при этом появляются проблемы со способностью мозга планировать, вспоминать и концентрироваться. Также болезнь поражает гиппокамп, играющий важную роль в работе памяти, и поскольку эта часть мозга тоже уменьшается, то и способность создавать новые воспоминания снижается. К последней стадии болезни Альцгеймера повреждена уже более обширная область мозга и ткани заметно сжаты.

В среднем люди с болезнью Альцгеймера живут после постановки диагноза восемь-десять лет. Однако продолжительность жизни у разных людей значительно различается. Существует множество факторов, от которых зависит, насколько быстро будет прогрессировать деменция. У тех, у кого симптомы появляются в более молодом возрасте, болезнь развивается быстрее. Также состояние быстрее ухудшается у людей, имеющих и другие проблемы со здоровьем в течение длительного времени, например болезни сердца, диабет или частые инфекции. Скорость развития разных типов заболевания тоже не одинаковая; болезнь Альцгеймера в среднем развивается относительно медленно. При этом болезнь протекает очень по-разному у каждого человека. Как и в большинстве случаев, на скорость развития влияют генетическая предрасположенность, факторы окружающей среды и общее физическое состояние.

Верно ли, что при различных типах деменции люди похожим образом теряют какую-то часть мозга, то есть можно ли сказать, что это характерно для деменции в целом? Если ответить на этот вопрос просто, то ответ – «нет». Недавно проводилось исследование, которое показало, что по крайней мере при двух типах заболевания потеря объема происходит в разных областях мозга. В исследовании принимали участие 160 человек, у которых были диагностированы легкие когнитивные нарушения. В процессе исследования у шестидесяти одного из них развилась болезнь Альцгеймера, а у двадцати – деменция с тельцами Леви (или болезнь телец Леви). Это тип деменции, имеющий ряд общих признаков как с болезнью Альцгеймера, так и с болезнью Паркинсона. Например, потеря памяти, как правило, является более заметным симптомом на начальной стадии болезни Альцгеймера, чем на начальной стадии болезни телец Леви, а бред и галлюцинации – наоборот. Кроме того, проблемы с движением и другие физические симптомы, такие как слабость, внезапное падение артериального давления, недержание мочи, чаще наблюдаются на ранней стадии болезни телец Леви, чем при болезни Альцгеймера. Томография мозга в ходе исследования показала, что больше чем у 60 % тех, у кого развилась болезнь Альцгеймера, сильнее всего «сжался» гиппокамп, а у подавляющего большинства (85 %) людей с болезнью телец Леви, объем гиппокампа остался нормальным. У тех, у кого объем гиппокампа не сократился, было в 5,8 раза больше шансов заболеть деменцией с тельцами Леви, чем у тех, у кого была атрофия этого отдела. Исследователи предполагают, что усадка гиппокампа или ее отсутствие потенциально могут быть признаком заболевания, к которому в итоге приведут легкие когнитивные нарушения; если объем гиппокампа не меняется с течением времени, можно прогнозировать, что у человека разовьется деменция с тельцами Леви, а не болезнь Альцгеймера. Лечение можно скорректировать так, чтобы оно уже на ранней стадии было направлено на борьбу с конкретным заболеванием.

Несмотря на то что симптомы и скорость развития болезни Альцгеймера могут отличаться у каждого заболевшего, есть некие общие черты, наблюдаемые у всех пациентов. На раннем этапе ключевым признаком того, что с человеком что-то не так, служат проблемы с памятью. Есть и другие симптомы: человек сбивается с мысли, повторяет свои вопросы, а также ему нужно больше времени на выполнение тех или иных обычных ежедневных дел. По мере развития заболевания нарушаются когнитивные функции, включая языковую. Сначала может быть все труднее подобрать правильное слово или название предмета, а позже возникают проблемы с пониманием устной и письменной речи, становится сложнее говорить. Болезнь негативно сказывается на умственных способностях, человек не может здраво рассуждать и понимать. Меняется и поведение: появляются галлюцинации, человек становится вербально агрессивным и может легко заблудиться. В конечном счете человек теряет способность делать самые простые вещи, например мыться или есть, а затем может перестать контролировать некоторые движения.

Это обычная картина. Мы знаем, что при болезни Альцгеймера клетки мозга умирают по довольно предсказуемой схеме. И интересно, что схема совсем не линейна. В конце концов, это заболевание совсем не похоже на те, где и течение болезни, и симптомы настолько сильно различаются, что их нельзя легко определить (как, например, при рассеянном склерозе). Почему так получается, что некоторые заболевания приводят к реакциям мозга, которые на первый взгляд произвольны, а другие следуют определенной схеме? При развитии некоторых заболеваний действительно может быть элемент

случайности, однако, вероятно, мы просто еще не распознали схему и неточно классифицировали болезнь. Как бы то ни было, нам ясно, что некоторые болезни разрушают мозг по очень четкому алгоритму, что, безусловно, страшно, потому что они довольно быстро поражают клетки и не оставляют им шансов на спасение. Одно из таких заболеваний стало нашей следующей темой.

Что может сделать с человеческим мозгом корова?

Помните заголовки газет в 1980–1990-е годы? «Паника из-за говядины!» «Гамбургеры – виновники коровьего бешенства!» Вряд ли кто-то сможет забыть этот ужас, когда над всеми нами висела потенциальная угроза этой страшной болезни. Мы боязливо поглощали ужины, в ужасе глядя на экраны телевизоров, где сжигали скот, засыпая пеплом сельские районы Великобритании. Грозил ли нам тогда опасность заболеть коровьим бешенством? Правда ли, что бомба замедленного действия могла рвануть в любой момент?

Синдром коровьего бешенства, или губкообразная энцефалопатия крупного рогатого скота (ГЭКРС), – это нейродегенеративное заболевание, поражающее мозг этих животных. При этом, если заболевание мутирует, может заболеть и человек. Форма заболевания, которой болеют люди, называется «вариантная болезнь Крейтцфельда – Якоба». Болезнь Крейтцфельда – Якоба (БКЯ) – это редкое дегенеративное заболевание, поражающее мозг и приводящее к летальному исходу. Развивается оно очень быстро, и пациенты умирают, как правило, в течение года с момента обнаружения первых симптомов. Это одно из заболеваний, которые называются прионными инфекциями, поражающими как людей, так и животных. Существуют разные формы прионных болезней, и все они прогрессирующие, на данный момент неизлечимы и в конечном итоге приводят к смерти. Название этой группы заболеваний происходит от приона, встречающегося в природе белка, с изменениями которого они связаны. Прионы встречаются в двух формах: нормальной, не приносящей вреда, поскольку она присутствует в клетках организма, и аномальной, которая и становится причиной болезни. Появившись однажды, аномальные прионы образуют бляшки, и ученые считают, что именно они и приводят к потере нейронов и к нарушениям работы мозга, наблюдаемым при БКЯ. Однако пока точно неизвестно, что именно причиняет ущерб мозгу.

Болезнь Крейтцфельда – Якоба впервые описана в 1920 году, притом что первый случай вариантной БКЯ в Великобритании обнаружили в 1986 году и связали его с ГЭКРС. С тех пор в Великобритании зафиксировано примерно 180 случаев заболевания. Специалисты пришли к выводу, что источником вариантной БКЯ становятся инфицированные коровы, останки которых попали в корм домашнего скота, а затем в пищевую цепь человека. Это был ужасный этап в истории сельского хозяйства и народного здравоохранения. По оценкам, инфицировано было 180 000 коров, но в качестве меры предосторожности было забито 4,4 млн.

На самом деле существует три формы БКЯ, не связанные с употреблением в пищу инфицированной говядины. Одна из форм – очень редкое генетическое заболевание (наследственная БКЯ), вторая – ятрогенная БКЯ – случайно передается от другого человека через зараженные хирургические инструменты или при оказании медицинской помощи. Наиболее распространенная форма заболевания – спонтанная БКЯ, и причины ее возникновения неизвестны. Мы говорим, что эта форма наиболее распространенная, но тем не менее она все равно редкая: по всему миру от нее умирают примерно один-два человека на миллион. Например, в США фиксируется примерно 300 случаев в год, а в 2014 году в Великобритании от спонтанной БКЯ умерло 90 человек.

Мы не отрицаем, что болезнь Крейтцфельда – Якоба – страшное заболевание. На ранних стадиях заболевшие обычно теряют память, также у них наблюдаются психиатрические симптомы, такие как депрессия или тревожность, изменения в поведении, нарушение координации и зрения. По мере развития болезни психические нарушения проявляются все сильнее, возникают неврологические симптомы, включая нетвердые или непроизвольные движения, сложности с ходьбой, также может сильно упасть зрение, а речь стать невнятной. Пациент умирает абсолютно обездвиженным и неспособным говорить. Некоторые симптомы БКЯ очень похожи на симптомы других

прогрессирующих неврологических расстройств, таких как болезни Альцгеймера или Гентингтона, однако при БКЯ человек гораздо быстрее теряет способности, чем при разных формах деменции.

Несмотря на то что случаи болезни Крейтцфельда – Якоба немногочисленны и редки и исход, к сожалению, всегда одинаков, тем не менее, согласно наблюдениям, каждый реагирует на нее по-разному. БКЯ обычно начинается в пожилом возрасте и протекает очень быстро. Как правило, симптомы появляются в возрасте около шестидесяти лет, и примерно 90 % пациентов умирают в течение года. Однако формы болезни различаются по своей симптоматике и развиваются по-разному. Например, вариантная БКЯ начинается главным образом с психиатрических симптомов, поражает молодых людей (двадцать восемь лет – средний возраст умерших), при этом времени от момента обнаружения симптомов до смерти может пройти необычно много (в среднем четырнадцать месяцев, в отличие от четырех с половиной при других формах).

Несмотря на эту весьма отрезвляющую статистику, встречаются люди, живущие с БКЯ гораздо дольше, чем обычно в таких случаях. У Джонатана Симмса, талантливого футболиста из Северной Ирландии, обнаружили симптомы вариантной БКЯ после того, как он поел зараженной говядины. Ему было только семнадцать лет. Врачи отвели юноше всего несколько месяцев, однако он прожил десять лет. Через полтора года после постановки диагноза и после долгой борьбы в Верховном суде ему дали экспериментальное лекарство, которое до этого тестировали только на животных. Похоже, оно несколько стабилизировало и даже улучшило состояние парня. Хотя мы и говорим, что Джонатану стало лучше, он тем не менее был полным инвалидом. Роль этого сомнительного лекарства при болезни Джонатана до сих пор не ясна, и есть вероятность, что он прожил дольше остальных благодаря врожденной способности мозга не поддаваться действию болезни в течение более длительного времени. Его врач указал, что лечение было начато только через девятнадцать месяцев после появления первых симптомов, то есть Джонатан уже на тот момент пережил большинство людей, больных вариантной БКЯ.

Еще один человек, который прожил с вариантной БКЯ дольше, чем ожидалось, – Холли Миллз. Она болела десять лет, и ее лечили тем же лекарством, что и Джонатана. К тому моменту, когда начали лечение, она тоже уже прожила дольше, чем люди с этим заболеванием в среднем, поэтому также можно предположить, что у нее изначально были какие-то преимущества, помогающие ей справиться с заболеванием.

Бывшей военнослужащей Рейчел Форбер поставили этот диагноз через полгода после того, как у нее стали замечать признаки депрессии. Состояние женщины быстро ухудшалось, и вскоре она превратилась в лежачую больную и требовала постоянного ухода. Она не узнавала людей, не могла сама есть и одеваться, и говорили, что ей осталось жить не больше года. Ей тоже давали экспериментальное лекарство (другое, не то, что Джонатану и Холли), и через три месяца она стала вставать с постели, ходить без опоры и плавать без поддержки. Однако лекарство помогало недолго: в итоге у нее появились проблемы с печенью, и ей пришлось от него отказаться. Состояние снова быстро ухудшилось, и она скончалась через несколько недель. Было ли это лекарство эффективным? Или Рейчел просто была в хорошей форме? Или у нее была естественная способность выживать, которая и позволила ее мозгу в какой-то степени бороться, прежде чем в конце концов все-таки сдать болезни?

Несмотря на эти примеры, показывающие, как люди удивительным образом противостояли заболеванию, факт остается фактом: болезнь Крейтцфельда – Якоба смертельна. В конечном итоге мозг не может справиться с ней. Лучшее, на что он способен, – замедлить развитие болезни. Даже если бы существовало какое-то особое средство от нее, в первую очередь нужно определить, что это именно то самое заболевание. К сожалению, в настоящее время нет ни одного диагностического исследования, которое могло бы это сделать. Сказать, что это БКЯ, можно только во время медико-патологического исследования мозга после смерти пациента. Болезнь Крейтцфельда – Якоба особенным образом меняет ткани мозга, и это видно при вскрытии: множественные микроскопические аномальные соединения, окруженные дырочками, по виду напоминающие ромашку. Интересно отметить, что при таком тяжелом заболевании, как БКЯ, наносящем огромный ущерб мозгу, атрофия мозга, хотя и наблюдается иногда,

не является характерным признаком вариантной БКЯ. Почему так происходит, непонятно. Вполне вероятно, что между первыми симптомами и смертью от этого заболевания проходит слишком мало времени, чтобы мозг сократился в объеме.

Очевидно, что если есть зараженную говядину, это окажет существенное воздействие на мозг человека, однако это далеко не единственное, что мы можем употребить в пищу и получить серьезные, иногда катастрофические последствия.

Мы – то, что мы едим (и пьем)

На мозг могут влиять очень разные факторы окружающей среды, к ним же относятся и наши поступки, которые мы совершаем по отношению к себе. Когда натуральные или искусственные токсические вещества влияют на нормальную работу нервной системы, что в конечном итоге может нарушить работу нейронов или даже убить их, мы говорим о «нейротоксичности». Нейротоксичным может быть почти все что угодно, например облучение, пестициды, очищающие растворители или тяжелые металлы, однако давайте поговорим об одном нейротоксическом веществе, ставшем наиболее популярным и одобряемым обществом наркотиком по всему миру: об алкоголе.

Согласно исследованиям, алкоголь, а особенно этанол (вид спирта, используемый при изготовлении напитков), нейротоксичен, причем напрямую воздействует на клетки мозга. Как только мы проглатываем алкоголь, он легко всасывается в кровь и распространяется по всему организму. Многим молекулам трудно попасть в мозг, потому что у него существует гематоэнцефалический барьер, не позволяющий посторонним веществам навредить этому органу. Однако частицам этанола удается миновать этот барьер без каких-либо сложностей, они проникают внутрь, и сообщение между клетками мозга идет совсем по-другому. Мозг очень подвержен влиянию алкоголя, и злоупотребление им приводит к серьезным нарушениям работы головного мозга.

Алкоголь замедляет работу нейронов, снижая их способность пропускать через себя электрические импульсы. Эти импульсы передают информацию, необходимую для нормальной работы мозга. Замедляя их передачу между нейронами, алкоголь, среди прочего, ослабляет способность мыслить здраво, нарушает движение, реакцию, память и зрительное восприятие. Несмотря на то что за все эти функции отвечают разные участки мозга, воздействие алкоголя повсеместно и под удар может попасть любая область. Например, лобная кора обычно подавляет желание вести себя импульсивно и вообще так, как не принято в обществе; эта область контролирует мышление и способность принимать решения. Но алкоголь нарушает равновесие и может спровоцировать замедление процесса мышления, рискованное поведение или излишнюю раскрепощенность (то есть под его влиянием человек склонен совершать всяческие глупости). Гиппокамп отвечает за обучение и память, а алкоголь может помешать закреплению информации в памяти, и человек после употребления алкоголя не сможет вспомнить, что с ним происходило (то есть человек не помнит тех глупостей, которые совершал). Все это знакомо тем, кто хотя бы несколько раз выпивал слишком много. Конечно, кроме тех, у кого время от времени бывает веселая ночь, есть миллионы людей, постоянно злоупотребляющие алкоголем. Чрезмерное употребление алкоголя до сих пор является серьезной проблемой во всем мире и главной причиной смертей, которые можно предотвратить. По оценкам Национальной службы здравоохранения, в Великобритании признаки алкогольной зависимости наблюдаются у 9 % взрослых мужчин и 4 % женщин. Конечно, это приводит к многочисленным социальным проблемам, а также увеличивает число несчастных случаев, связанных с ухудшением здоровья (например, смертность от болезней печени достигла рекордных показателей, за последнее десятилетие она выросла на 20 %). Однако нас интересует другое: влияние алкоголя на мозг.

Со временем злоупотребление алкоголем меняет работу мозга и может привести к его усадке. Опыт показывает, что объем мозга сокращается за счет потери как серого, так и белого вещества. Особенно страдают области, отвечающие за обучение и память, то есть кора головного мозга и гиппокамп. Многие функции мозга, связанные с работой лобных долей, тоже подвергаются воздействию, включая индивидуальные особенности личности и познавательные способности.

Однако все не так мрачно. Многолетние исследования с использованием томографии головного мозга показывают, что если человек перестает пить алкоголь на длительный период, то мозг снова набирает объем. Например, продолжительные исследования мозга алкоголиков с помощью МРТ показывают, что всего за месяц воздержания от спиртного серое вещество коры, ткани мозга в целом и ткани гиппокампа увеличиваются в объеме; при длительном воздержании увеличивается объем мозга в целом, особенно в области лобных и височных долей. Это говорит о том, что мозг может восстанавливаться до определенной степени, если ущерб нанесен употреблением алкоголя. Считается, что при длительном воздержании от алкоголя лучше всего восстанавливается белое вещество коры головного мозга, хотя механизмы, которые этим управляют, до сих пор не до конца понятны. Однако полное восстановление мозга происходит не у всех завязавших алкоголиков: есть отдельные факторы, мешающие мозгу восстанавливаться. Например, это труднее получается у пожилых людей, у тех, кто слишком много пил перед тем, как бросить, у людей с заболеваниями печени, а также у тех, кто курит и плохо питается.

Повреждения мозга, связанные с алкоголем, часто путают с изменениями вследствие болезни Альцгеймера. Однако в отличие от этого заболевания изменения от алкоголя не прогрессируют и состояние не обязательно ухудшается со временем. Если человека лечить, то симптомы могут значительно улучшиться и поврежденные области восстанавливаются.

Одно из дегенеративных заболеваний, связанное с чрезмерным употреблением алкоголя, называется энцефалопатией Вернике. У людей с болезнью Вернике наблюдаются спутанность сознания, нарушение зрения, гипотермия, низкое кровяное давление, отсутствие координации мышц, и пациент может даже впасть в кому. Энцефалопатия Вернике по сути возникает от недостатка витамина В₁, или тиамина, необходимого для роста, развития и работы клеток. У запойных пьяниц уровень тиамина часто падает по нескольким причинам: они не очень хорошо питаются и их часто рвет, поэтому витамины не поступают в организм; алкоголь действует на слизистую оболочку желудка и снижает ее способность всасывать витамины из пищи; а также он разрушает печень, где ферментируется тиамин. Тем не менее можно восстановить организм и избавиться от последствий энцефалопатии Вернике, если принимать тиамин. Однако если эту болезнь не лечить, то она будет развиваться дальше, что приведет к более серьезному расстройству: синдрому Вернике – Корсакова, при котором мозг уже нельзя восстановить. Это самое известное заболевание, связанное с чрезмерным употреблением алкоголя, однако оно гораздо реже встречается, чем другие, например чем алкогольная деменция. Самый известный симптом синдрома Вернике – Корсакова – это так называемые конфабуляции. Человек не может вспомнить, что с ним происходило совсем недавно, поэтому использует какие-то подсказки окружающей среды, ранние (неповрежденные) воспоминания и общие знания, чтобы объяснить происходящее. Таким образом образуются ложные воспоминания, не имеющие ничего общего с действительностью.

Среди других симптомов можно назвать амнезию, тремор, кому, потерю ориентации и проблемы со зрением. Если запустить энцефалопатию Вернике, то до 20 % случаев заболевания заканчиваются смертью больного, а 85 % выживших страдают синдромом Вернике – Корсакова. Чаще всего синдром Вернике – Корсакова наблюдается у алкоголиков, однако к нему могут привести также пищевые расстройства, недостаток питательных веществ и химиотерапия.

Если сравнить результаты тестов на память, способности к обучению и решению задач, двигательные функции и обработку информации, то у алкоголиков, не страдающих синдромом Вернике – Корсакова, результаты будут все равно хуже, чем у людей без алкогольной зависимости (у них больше ошибок, и времени на выполнение задач тоже требуется больше). Однако есть и хорошие новости о потенциальной возможности восстановления объема мозга: уровень производительности при выполнении многих из этих тестов улучшается после нескольких лет воздержания от выпивки. Тем не менее возвращаются не все когнитивные функции, и у некоторых людей будут наблюдаться постоянные нарушения, особенно это касается памяти и зрительно-пространственно-двигательных навыков.

Наверняка многие люди с удовольствием выпивают один-два бокала алкоголя каждую неделю, не ощущая никаких последствий, но если в течение длительного времени увеличивать уровень

потребления, то это может постепенно привести к нарушению работы мозга. По сути, мозг страдает не только у запойных алкоголиков. Недавнее исследование, проведенное Аней Топивала и ее коллегами из Оксфордского университета, показало, что употребление алкоголя приводит как к уменьшению объема гиппокампа, так и к снижению когнитивных функций даже у умеренно пьющих людей (у них наблюдали атрофию гиппокампа в три раза чаще, чем у не пьющих совсем).

Реакция на алкоголь также очень индивидуальна. Почему на мозг одних людей он влияет гораздо сильнее, чем на мозг других?

Похоже, что в ряде случаев женщины более восприимчивы к воздействию алкоголя, чем мужчины. Учитывая, что воды в организме у женщин пропорционально меньше, чем у мужчин, концентрация алкоголя в крови у них получается больше, поэтому равнозначное количество спиртного подействует на них сильнее. Также исследования показали, что алкоголь сильнее воздействует на мозг женщин, чем мужчин. На снимках головного мозга, сделанных в ходе одного исследования, видно, что мозолистое тело у женщин, страдающих алкогольной зависимостью, значительно меньше, чем у мужчин-алкоголиков и непьющих женщин, даже если учитывать размер головы. Когда дело доходит до выпивки, нельзя отрицать, что мужчины и женщины – разные существа.

Немного о психическом здоровье

В этой главе мы больше говорили о состоянии физического здоровья, но при этом огромное количество людей страдают психическими заболеваниями. Проблемы психического здоровья – это бремя экономики, на их лечение уходит больше всего средств по сравнению с другими неинфекционными заболеваниями: в 2010 году было потрачено 2,5 трлн долларов, и, по прогнозам, к 2030 году эта сумма превысит 6 трлн.

Психических состояний, симптомов и исходов заболеваний настолько много, что мы не можем углубляться в эту область. Однако стоит отметить вот что: в мире иногда разделяют понятия «психического здоровья» и «физического здоровья», но самом деле во время психических заболеваний в мозге происходят физические изменения. Идея написать эту книгу возникла в первую очередь потому, что мы увидели вероятность потери объема мозга у людей, принимавших нейролептики при шизофрении. Мы не знаем, что именно вызвало усадку мозга и что это означает на практике для тех, с кем это произошло, но перед вами одно из множества исследований, в ходе которых обнаружили изменения мозга у людей с психическими заболеваниями. Ученые пытаются как можно больше узнать о том, что происходит внутри мозга во время различных психических расстройств, что может служить их причиной и как их лучше всего лечить. По результатам многих исследований, такие состояния, как клиническая депрессия, тревожные расстройства, шизофрения и биполярное расстройство, вызывают значительные изменения в мозге.

В Медицинской школе Стэнфордского университета ученые осуществили увлекательный проект, где рассматривали результаты 193 томографических исследований мозга, проведенных на 7381 человеке с психическими заболеваниями. Исследователи обнаружили, что в мозге людей с шизофренией, биполярным расстройством, глубокой депрессией, зависимостью, обсессивно-компульсивным расстройством и несколькими видами тревожных расстройств наблюдалась похожая схема потери серого вещества. Сравнивая их томограммы с томограммами 8511 здоровых представителей контрольной группы, ученые выявили три отдельные структуры мозга, в которых уменьшается объем серого вещества. У пациентов с различными психическими расстройствами в трех областях мозга наблюдалась одинаковая потеря серого вещества. Эти области работают вместе и отвечают за функции более высокого уровня, такие как концентрация, многозадачность, планирование, принятие решений и подавление контрпродуктивных импульсов. Исследование также показало, что у здоровых людей больший объем серого вещества коррелировал с большей эффективностью при выполнении заданий на проверку функций более высокого уровня. На основе этих результатов исследователи предполагают, что потеря серого вещества в трех областях мозга поведенчески значима, а не просто является случайным совпадением. Подобные открытия проложат путь для дальнейших исследований, которые

помогут понять сходство, а не только различия, между психическими заболеваниями и даже найти средство для их лечения.

Принимая во внимание примерную классификацию «когнитивных состояний», мы все равно не знаем точного ответа на вопрос, можем ли позволить себе потерять какую-то определенную часть мозга. Очевидно, что мозг отдает приоритет основным функциям, необходимым для выживания, а не более высоким, необходимым для мышления и тому подобному. Конечно, это разумно с точки зрения выживания, и, учитывая это, можно согласиться, что части мозга, отвечающие за основные функции, важнее тех, что делают нас людьми. Это не значит, что другие функции нам не нужны, и мы рассмотрели несколько катастрофических примеров последствий неправильной работы отдельных областей мозга.

Говорит ли реакция мозга на заболевание о том, какой мозг нам нужен?

Примеры в этой главе рассказывают о том, насколько хрупок наш мозг, а также о его способности справляться (в некоторой степени) с продолжительной болезнью. Мы увидели, что мозг может бороться с заболеваниями и восстанавливаться после них, например во время ремиссии рассеянного склероза или после отказа от алкоголя. Бывали даже невероятные случаи, когда мозг страдающих вариантной болезнью Крейтцфельда – Якоба на время частично восстанавливался. Мозг выдерживает до некоего предела, однако если негативное влияние затягивается надолго, то в конечном итоге все равно нейроны начинают умирать и он сжимается. Похоже, что эффект усадки довольно характерен для хронических болезней мозга. Но значит ли это что-либо с точки зрения практических соображений или это просто случайность?

Нам известно, что мозг теряет объем не только когда с ним что-то не так, усадка мозга – это, в общем, обычный процесс. Со временем, как правило, после тридцати лет, это происходит с любым из нас. Мозг с возрастом сжимается, особенно, похоже, лобные доли коры, однако нам до конца не ясно, почему так происходит. Мы теряем нейроны, сами они уменьшаются в объеме, количество белого вещества снижается по мере того, как изнашиваются миелиновые оболочки и/или мозг как-то перестраивается сам по себе. Изменения происходят не равномерно по всему мозгу, и какие именно когнитивные изменения нас ждут с возрастом, зависит от того, насколько затрагиваются различные участки мозга. Особенно страдает префронтальная кора, и это как раз соответствует когнитивным изменениям, которые мы наблюдаем при старении, например потере памяти.

Помимо нормального процесса старения мы поговорили о том, какие болезни приводят к аномальной усадке мозга. Потенциально существует множество причин атрофии головного мозга: от неврологических заболеваний и травм до алкоголизма и наркомании. Правда в том, что мы пока не до конца понимаем, какие именно биологические процессы лежат в основе различных болезней мозга, а это означает, что сейчас не существует достаточного количества эффективных методов лечения, отчего, как правило, для заболевших все так плохо заканчивается. Реакции человеческого мозга сильно различаются, поэтому нам надо провести огромное количество исследований, чтобы понять, почему происходит атрофия мозга и влияет ли она на людей, которые теряют объемы мозга, и если да, то как.

Разные неврологические заболевания по-разному влияют на людей. Но почему так происходит, если мозг у всех людей более-менее одинаков? Рассеянный склероз и деменция чаще встречаются у женщин, чем у мужчин, а заболевание двигательных нейронов более свойственно мужчинам. Расстройства, вызванные употреблением алкоголя, чаще бывают у мужчин, однако женщины более подвержены его воздействию. Если женщины злоупотребляют спиртными напитками, то мозг их пострадает в более раннем возрасте, быстрее, чем у мужчин. Таким образом, можно утверждать, что некоторые вариации связаны с полом, но еще нужно учитывать различные гены и факторы окружающей среды, многие из которых нам пока неизвестны.

В окружающей среде много того, что мы не контролируем, но есть ли у нас шансы предпринять хоть что-то, чтобы до какой-то степени противостоять неврологическим заболеваниям? Конечно, можно было бы в прошлом быть мудрее и сделать все, чтобы прилежнее учиться в школе, получить самое

лучшее образование, насколько это возможно, и продолжать обучение всю жизнь. Исследования показали, что риск развития болезни Альцгеймера ниже у людей с более высоким IQ, с хорошим образованием, а также у профессионалов высокого уровня и у тех, кто активно участвует в досуговых мероприятиях. Но есть и хорошая новость: даже если вы не получали формального образования в течение длительного периода, все равно еще не поздно принять меры. В ходе исследования, в котором участвовали 128 человек с рассеянным склерозом, ученые обнаружили, что более длительное формальное образование полезно с точки зрения снижения степени когнитивных нарушений с течением времени. Однако наилучших результатов достигли те, у кого период формального образования был ограничен, но кто много и часто читал, был активен физически или решал сложные задачи по работе. Это говорит о том, что всю жизнь учиться полезно не только для того, чтобы узнать больше интересного, это также поможет сохранить мозг в хорошей форме, воздействуя на него физически. То, о чем мы говорим сейчас, обычно называют «когнитивным резервом»: способностью мозга справляться с возможными повреждениями и продолжать нормально работать.

Судя по всему, когнитивный резерв и объясняет, почему люди по-разному реагируют на неврологические болезни. У тех, кто реагирует лучше, более эффективные нейронные сети, а мозг мощнее: он менее подвержен негативному воздействию или эффективнее компенсирует любые нарушения. Есть доказательства, что в случае естественных возрастных изменений или патологии, связанной с болезнью Альцгеймера, у одних людей организм продолжает нормально функционировать при более серьезных изменениях мозга, чем у других, которые эту способность утрачивают. Ранее мы уже отмечали, что такие факторы, как уровень образования и активная деятельность в течение всей жизни, увеличивают когнитивный резерв, и мозг может дольше противостоять изменениям. Чем больше мы узнаем о роли когнитивного резерва с точки зрения защиты мозга от негативных воздействий, а также о том, как его улучшить, тем более целенаправленно и эффективно мы сможем содействовать сохранению здоровья мозга.

Несмотря на потенциальные возможности увеличить когнитивный резерв, мы все еще довольно беззащитны, сталкиваясь с болезнями. В предыдущей главе мы говорили, что мозг обладает удивительной пластичностью и человек может адаптироваться к довольно серьезным изменениям после травм или научиться жить без части мозга, отсутствующей с рождения. Однако мозг все же не очень хорошо приспособлен для того, чтобы восстанавливаться в случае болезни.

Различные формы потери объема мозга являются ключевой характеристикой при многих рассмотренных заболеваниях, хотя мы пока не знаем, что это – причина заболевания или его симптом. В некоторых случаях мы можем продолжать нормально жить, несмотря на значительную усадку мозга, прежде чем проявятся какие-либо симптомы. Говорит ли это о том, что нам не нужен весь объем мозга? Означает ли это, что мы можем позволить себе потерять немного, прежде чем столкнемся с какими-то проблемами? Можем ли мы жить, потеряв большой объем мозга? Есть ли участки, которых мы можем лишиться безболезненно? Науке предстоит пройти долгий путь, прежде чем она даст нам ответы на эти вопросы. Суть в том, что мы пока не знаем, стоит ли беспокоиться по поводу постоянного уменьшения мозга. Однако нельзя сказать, что раз усадка мозга не вызывает очевидных проблем, то это значит, что мы можем легко потерять несколько процентов объема мозга и продолжить нормально существовать.

Теперь давайте обратим внимание на то, что мы можем сделать, чтобы защитить мозг от негативного влияния, и посмотрим, есть ли хоть какая-то надежда, что человеческий мозг станет более жизнеспособным или даже эволюционирует в супермозг. Как наш мозг будет развиваться в будущем? Нам бесконечно говорят об эпидемии ожирения и о том, как нам всем нужно похудеть: может быть, мозг тоже слишком велик? Если, эволюционируя в будущем, человеческий мозг будет уменьшаться в размерах и избавляться от определенных частей за ненадобностью, то какую часть или части мы можем позволить себе «сбросить»?

ВЗГЛЯД СО СТОРОНЫ

Мэгги Александер, в прошлом руководитель двух организаций: Европейской платформы пациентов с рассеянным склерозом (European Multiple Sclerosis Platform), Брюссель, Бельгия, и Фонда болезней

головного и спинного мозга (Brain and Spine Foundation), Лондон, Великобритания

С тех пор как Мэгги выучилась на нейробиолога в Wellcome Foundation, она вела весьма активную жизнь и построила замечательную карьеру. Она работала в сфере издания медико-биологической литературы и информационного обеспечения, участвовала в кампаниях и правозащитных акциях в ряде некоммерческих организаций, связанных с охраной труда и окружающей среды, безопасностью, лечением онкологических и неврологических заболеваний. Перед самым выходом на пенсию Мэгги занимала должность руководителя Европейской платформы пациентов с рассеянным склерозом. Она возглавляла общеевропейскую сеть организаций, занимающихся разработкой и реализацией программ по всему Евросоюзу, обеспечивающих доступ к лечению, уходу и исследованиям более 2 млн человек, болеющих рассеянным склерозом.

– Итак, Мэгги, если говорить о том, что происходит с нашим мозгом, как вы считаете, почему рассеянный склероз на каждого человека влияет по-разному, даже если речь идет об одной и той же форме заболевания?

– Вероятно, вы считаете, что люди по-разному болеют рассеянным склерозом, однако дело не только в том, что отличается в клиническом аспекте, но и в том, как по-разному люди делают выбор в условиях заболевания. Симптомы очень сильно различаются, но и варианты лечения различаются, и то, как люди справляются со своим состоянием и как реагируют на лечение, тоже. Кроме того, в разных странах здравоохранение неодинаково, людям доступны разные средства и условия. При рассеянном склерозе очень большое значение имеет лечение и развитие болезни в каждом конкретном случае.

Конечно, ситуация зависит не только от течения заболевания, но и от того, как человек адаптируется к нему. Например, великолепный Джон Голдинг, бывший руководитель Европейской платформы пациентов с рассеянным склерозом, рассказал мне, что, когда ему было двадцать пять лет и ему поставили этот диагноз, он находился в подавленном состоянии и думал о суициде. В его случае болезнь развивалась очень серьезно, и с какого-то момента он уже не мог контролировать движения ног, падал и спотыкался, как маленький ребенок. В день, когда ему дали инвалидное кресло, он получил невероятную свободу, потому что стал передвигаться самостоятельно. Мы часто думаем, что сесть в инвалидное кресло – это что-то очень плохое, но для некоторых людей это действительно свобода и позитивное изменение, учитывая болезнь. Вероятно, его мозг также адаптировался в ответ – как к изменениям душевного благополучия, так и к новым физическим потребностям.

– Можете ли вы рассказать о каких-нибудь удивительных случаях из вашего опыта, когда люди приспосабливались и могли нормально жить, несмотря на серьезную степень болезни?

– Конечно, я встречала очень и очень много совершенно удивительных людей! Вспоминается один случай: был такой боксер, Майкл Уотсон. Он чуть не погиб в бою с Крисом Юбэнком за звание чемпиона мира. [Известно, что у него были практически смертельные травмы головного мозга в 1990-е годы, и просто невероятно, что он выжил. – *Здесь и ниже в квадратных скобках примеч. авторов.*] Нейрохирург и основатель Фонда болезней головного и спинного мозга Питер Хэмлин практически с нуля поставил его на ноги. Питер говорил мне, что шансы Майкла выжить были очень и очень малы. Однако в 2003 году ему удалось пройти за шесть дней Лондонский марафон. [По словам Питера, цена этого поступка была велика: 12 лет, 6 операций, 3 больницы, 41 километр и 119 метров.] И хотя он никогда уже не смог полностью восстановиться и ему до сих пор нужна помощь, все его достижения феноменальны, учитывая тяжелые черепно-мозговые травмы. Его пример вдохновляет. Скорее всего, он смог так замечательно справиться благодаря своей личности, религии, семье и, среди прочего, команде врачей. Обогащенная среда очень важна для мозга. Я говорю о людях и об отношениях.

Еще один интересный пример, который я знаю, это Сью Тили. У нее был возвратно-ремиттирующий рассеянный склероз в течение многих лет, но практически тридцать лет не проявлялось никаких симптомов. Конечно, когда она сильно уставала или заболела, ей требовалось больше времени, чтобы

восстановиться, при этом у нее хуже работала одна нога, но в остальном все было хорошо. Сейчас у большинства из тех, кому ставят диагноз «возвратно-ремиттирующий рассеянный склероз», развивается вторичная форма склероза [следующая стадия возвратно-ремиттирующего рассеянного склероза] – почему этого не случилось со Сью? Зависит ли это от сочетания черт личности, генов и окружающей среды, или это какой-то неизвестный биологический компонент, который еще не определен? Удивительно, но у некоторых людей болезнь не прогрессирует.

– *Учитывая истории всех этих людей, которых вы встречали, скажите, какой мозг на самом деле нужен человеку?*

– Я не думаю, что здесь важен объем мозга. Тут скорее идет речь о том, как ведет себя общество, чтобы действительно важные участки мозга могли развиваться. Я уверена, что чем лучше ваши навыки общения с людьми и поведения в социальной среде, тем легче вам идти по жизни, поэтому возможно, что участки мозга, отвечающие за эти функции, и являются наиболее жизненно важными.

Возможно, как предполагает Мэгги, больше, чем те участники, которые отвечают за базовые физиологические функции (например, дыхание), мозгу необходимо защищать области, регулирующие социальное взаимодействие и общение. Не исключено, что именно они делают нас людьми.

IV Будущее безупречно Можно ли усовершенствовать мозг?

8

Оптимизация: насколько мы можем улучшить мозг за время жизни?

Зрители летних Олимпийских игр 2016 года стали свидетелями потрясающих рекордов. Спортсмены бегали и плавали быстрее, чем обычно, мяч кидали дальше, поднимали более тяжелый вес и с гораздо большей скоростью гоняли на велосипедах, байдарках и каноэ, поэтому установили 27 новых мировых рекордов и 91 олимпийский рекорд. Пловец Майкл Фелпс выиграл 28-ю олимпийскую медаль, став таким образом обладателем самого большого количества наград за всю историю Олимпийских игр. Бегун Усэйн Болт выиграл три золотые медали уже в третьих Играх подряд и установил мировой рекорд, став самым быстрым спринтером на дистанциях 100 и 200 метров.

Наверное, неудивительно, что спортсмены мирового класса в среднем с каждым годом становятся все лучше, любыми средствами добиваясь результата. У поколения олимпийцев 2016 года было много изначальных преимуществ: к этому времени разработали самые продвинутые режимы обучения, питания и восстановления. В современном мире человек, бегающий быстрее всех, может получить больше славы и денег, чем когда-либо, поэтому людей, обладающих какими-то задатками от природы и мотивированных на успех (или, даже скорее всего, на тренировки), гораздо больше, чем раньше. И поскольку с каждым днем на планете рождается все больше и больше людей, шансы на рождение нового рекордсмена должны статистически возрастать год от года. Видимо, при подобном сочетании статистической вероятности и научного прогресса люди так и будут продолжать устанавливать все новые мировые рекорды, по крайней мере на это можно будет рассчитывать в течение оставшейся части века.

В главе 4 мы отмечали, что, по-видимому, у каждого следующего поколения мозг работает все лучше, по крайней мере в тех аспектах, которые можно измерить с помощью тестов на IQ, и точно так же улучшаются физические показатели, такие как средний рост или продолжительность жизни. В мире не существует единого показателя работы мозга, эквивалентного способности пробежать стометровку, поэтому мы не знаем, кому сейчас принадлежит мировой рекорд по сообразительности. Однако можно предположить, что по мере того, как население в целом умнеет, люди на самом верхнем конце

распределения умнеют тоже. И это означает, что, как и в случае со спринтерами, есть неплохой шанс, что самый умный человек всех времен живет как раз сейчас.

Давайте рассмотрим, каким может быть лучший человеческий мозг. А также, насколько хорош наш мозг здесь и сейчас, и можем ли мы что-то сделать, чтобы достичь желаемого уровня?

Рывок на старте

Если бы мы были способны гарантировать, что мозг будет работать наилучшим образом, самое главное, с чего нужно было бы начать, – это с мудрого подхода к выбору родителей.

Мы уже говорили, что работа мозга ребенка, равно как и его рост, вес, цвет кожи и предпочтения в пище, во многом определяется генетикой в сочетании с влиянием среды: то есть тем, что дано нам от рождения, тем, что привито в процессе воспитания, а также взаимодействием между этими двумя факторами. Изучив, до какой степени те или иные черты проявляются в семьях, в особенности рассмотрев сходство черт у идентичных близнецов (гены которых совпадают на 100 %) по сравнению с неидентичными близнецами (с 50 % общих генов), мы можем примерно определить относительную значимость генов и окружающей среды. «Программное обеспечение», например интеллект и личные качества, наследуются в меньшей степени, причем около половины вариаций в популяции приходится на генетические факторы.

В отличие от таких черт, как, например, цвет глаз, определяемый относительно небольшим количеством генов, на интеллект влияют общие вариации тысяч генов. К счастью, это означает, что идея о геномном проектировании суперумных младенцев, скорее всего, еще на некоторое время останется в сфере научной фантастики, потому что попытка искусственно спрогнозировать оптимальный набор вариаций генов будет крайне сложной процедурой. Однако на счастье тех, кто стремится увеличить свои шансы иметь высокоинтеллектуальных детей, есть простой способ это сделать: нужно выбрать высокоинтеллектуального партнера.

По крайней мере половина тех функций, за которые отвечает мозг, будет определяться при зачатии и зависеть от ДНК, которую вы унаследовали. Как это ни парадоксально, выяснилось, что соотношение влияния генетики и окружающей среды на интеллект меняется в течение всей жизни, причем важность генетики увеличивается по мере взросления человека, хотя и влияние окружающей среды также становится сильнее. Возьмем, например, идентичных близнецов. Можно предположить, что в детстве у них будет примерно одинаковый IQ, потому что такие факторы, как питание, образование и жизненный опыт, в целом будут более похожими, а во взрослом возрасте, когда их пути разойдутся, IQ тоже станут разными. Странно, но получается все совсем наоборот: IQ идентичных близнецов становятся с возрастом более, а не менее, схожими. Более того, влияние генетики на IQ у всех нас возрастает в течение жизни, по крайней мере лет до семидесяти.

Это не очевидно: подсознательно мы считаем, что дети рождаются на свет как чистый лист, являясь на данном этапе продуктом одной только генетики, поскольку опыта они получили еще слишком мало. Почему это не так? Одна из причин заключается в том, что влияние окружающей среды не просто «случается» с нами: именно при помощи генов мы выбираем ту или иную среду, в которой проводим каждый момент своей жизни. И в течение всей жизни мы получаем все большую и большую «дозу» окружающей среды. Есть надежда, что наиболее подходящей для каждого из нас.

Чтобы проиллюстрировать эту мысль, давайте представим мальчика с музыкальным талантом. Вероятно, у него были музыкально одаренные родители и он унаследовал гены, которые определили его предрасположенность к музыке. Однако те же самые склонности родителей привели к тому, что этот мальчик с раннего возраста больше, чем другие дети, занимался музыкой. Когда он был ребенком, у него практически не было выбора, но все родители знают, что уже с самых первых дней у детей есть свои способы показать, что им нравится, а что – нет. Поэтому если в детстве малыш показывал, что ему нравится музыка, то его чаще водили на разные музыкальные мероприятия для дошкольников и концерты, чем немзыкального ребенка, а затем отдали его учиться музыке. Музыкальные дети, как

правило, становятся музыкальными взрослыми, то есть в течение всей жизни музыкально одаренные дети проводят гораздо больше времени, слушая музыку или занимаясь ею. На этом примере мы видим, что одна из причин, почему сложно отделить степень влияния наследственности и окружающей среды в том, что они работают сообща.

Есть и другая причина того, почему это сложно: отдельные гены одновременно могут влиять на несколько разных аспектов здоровья. Это явление известно как плейотропия. Одной из крупнейших баз данных, позволяющих увидеть плейотропию у людей, является Британский Биобанк: обширное текущее исследование взрослых среднего возраста, сдавших всевозможные анализы и подтвердивших свое согласие на то, чтобы за их здоровьем в будущем следили ученые. Исследования генома более чем 100 000 добровольцев Биобанка показали, что наборы генов, которые, как было установлено, отвечают за изменения когнитивных функций, в значительной степени пересекаются с наборами генов, определяющих другие аспекты психического и физического здоровья. Например, есть масса совпадений между набором генов, влияющих на речевые навыки и навыки счета и определяющих общий IQ взрослого человека, и генами, влияющими (среди прочего) на объем внутримозгового пространства, индекс массы тела и риск ишемического инсульта (нарушения, в результате которого блокируется артерия, снабжающая мозг кровью). А набор генов, связанных с уровнем образования, показателем, который частично, но не полностью коррелирует с IQ, во многом совпадает с набором генов, определяющих риск ишемической болезни сердца.

Как изменение одного гена может влиять одновременно и на развитие мозга, и на риск сердечно-сосудистых заболеваний? Чтобы ответить на этот вопрос, нам снова нужно выйти за рамки разговоров о наследственности и подумать о других факторах, которые влияют на мозг, поскольку он становится все более сложным органом по мере набора опыта.

Важность внутриутробного развития

Так же тщательно и с умом, как вам пришлось бы выбирать гены, нужно было бы подойти и к выбору утробы, где предстояло провести первые несколько месяцев. Это первая и наиболее важная среда, с которой сталкивается развивающийся мозг, поэтому не будет преувеличением сказать, что пребывание в этой среде отражается потом на человеке всю его жизнь. Однако, прежде чем будущие мамы бросятся проигрывать Моцарта своим животикам, давайте рассмотрим, что же еще, по нашему мнению, может иметь значение в период внутриутробного развития.

В 1980-х годах исследователь по имени Дэвид Баркер изучал рацион матерей в разных частях Англии. Он заметил, что у младенцев, вес которых при рождении был ниже среднего, риск заболеть сердечно-сосудистыми заболеваниями во взрослой жизни был выше среднего. Баркер выдвинул теорию о том, что во время беременности матери плод немного узнает о мире, в котором ему предстоит жить, и адаптируется в соответствии с этими знаниями. Например, если будущая мать плохо питается, с плодом происходят физиологические и метаболические изменения, чтобы он подготовился к жизни в мире, где пищи будет не хватать. Если затем этот ребенок растет в мире, где сахар легко доступен, то из-за того, как его «запрограммировали» во время пренатального развития, он будет особенно подвержен риску развития диабета 2 типа в дальнейшей жизни.

Когда Баркер впервые опубликовал свою теорию, ее восприняли с изрядной долей скептицизма. Представлялось маловероятным, чтобы эти девять месяцев так сильно влияли на состояние здоровья человека через много десятков лет. Его коллега, эпидемиолог из Гарварда Джанет Рич-Эдвардс, решила опровергнуть эту теорию. Для этого она сравнила вес при рождении более 100 000 медсестер, за чьим здоровьем следила много лет. К своему удивлению, она обнаружила ту же самую зависимость, что и в теории Баркера: чем меньше был вес медсестры при рождении, тем с большей вероятностью у нее случался инфаркт или инсульт. С тех пор проводили разные исследования на эту тему и подтвердили теорию влияния внутриутробного развития на проявления различных нарушений обмена веществ у взрослых и связанные с ними признаки, например артериальное давление или сопротивляемость организма инсулину.

Итак, среда, в которой находится плод, влияет на обмен веществ ребенка после рождения: в детстве и во взрослом возрасте. А что происходит с мозгом? Оказывается, что у детей с низким весом при рождении IQ ниже на протяжении всей жизни; в детстве у них медленнее развиваются познавательные способности, а позже, с возрастом, – быстрее снижаются. Также они сталкиваются и с другими последствиями для здоровья мозга, включая повышенный риск развития депрессии. Это довольно серьезные последствия, и они должны заинтересовать не только специалистов по статистике, но и всех нас: ребенок, который при рождении весит 2,5 кг или меньше, скорее всего, в IQ-тестах в подростковом возрасте и в молодости наберет на 5–7 баллов меньше, чем мог бы набрать, и риск развития депрессии будет у него в два раза выше.

Можно говорить о раннем воздействии на мозг как о работе на двух уровнях. На одном из них вес при рождении – это просто биологический маркер того, насколько оптимальной была внутриутробная среда для этого плода. Низкий вес при рождении свидетельствует о том, что условия были неидеальными и развитие мозга тоже пошло не так хорошо, как могло бы в других условиях. Известно, что есть и другие общие маркеры физического развития, по которым также можно сказать, насколько мозг подвержен заболеваниям: например, у людей более высокого роста и с более длинными конечностями ниже риск развития деменции. Считается, что более длинные конечности или высокий рост – признаки чуть более раннего физического развития, включая развитие мозга. Это может быть одним из эффектов плейотропии, о которой мы упоминали ранее: например, ген, который определил способность плода получить достаточно пищи через плаценту, может одновременно повлиять на ранний рост многих органов.

Нужно отметить, что эти связи отражают различия между людьми только в среднем и последствия очень незначительны: очевидно, что вес человека при рождении может быть ниже среднего, или во взрослом возрасте он может быть низкого роста, или иметь короткие конечности и при этом все же блестяще преуспеть в жизни. Все это очень важно и интересно с той точки зрения, как биология на раннем этапе влияет на мозг, а совсем не потому, что мы узнаем нечто полезное о том, насколько хорошо может «получиться» человек.

Но важно задуматься, как изначально различаются условия жизни плода. Почти наверняка к ним относится сочетание большого количества генов, окружающей среды и просто случайности, то есть это факторы, которые будущая мать не может контролировать. Тем не менее беременных женщин засыпают советами о том, как сохранить здоровье плода: не курить, не пить алкоголь и не есть некоторых продуктов, считающихся опасными, при этом надо обязательно принимать специальные витамины, питаться сбалансированно, вести активный образ жизни и следить за набором веса. Некоторые из этих советов, например об опасности курения, известны всем и по всему миру: их вбивают нам в голову, печатая на каждой сигаретной пачке. Однако некоторые матери неукоснительно следуют этому совету, а другие – нет.

Логично предположить, что должны быть какие-то различия между матерями, которые либо следуют, либо не следуют совету о запрете курения во время беременности. Это могут быть различия в уровне дохода, образования, семейной истории, психическом благополучии или склонности к зависимости. Более того, все это также определяет вероятность того, будет курить человек в этот период или нет. И поскольку курение во время беременности определенно замедляет рост плода, это означает, что любой или все эти факторы риска могут быть связаны с различиями в весе новорожденных. Здоровый образ жизни ведет будущая мать или нет, тоже определяется не случайным образом; это во многом зависит от окружающей среды: от воспитания женщины, ее социально-экономического положения, образования и способности заботиться о себе. И поскольку эти факторы не меняются быстро, ребенок после рождения, скорее всего, будет расти в той же среде. Поэтому, когда мы отмечаем, что у детей с низким весом при рождении, как правило, потом более низкий IQ, можно просто сказать, что если плод развивается в тяжелых условиях, то и ребенок, скорее всего, все детство будет находиться в них же.

Мы не можем с этической точки зрения случайным образом отбирать младенцев, которые росли в среде, близкой к оптимальной. Однако, если изучить очень большое количество людей и воспользоваться

годными методами статистического анализа, можно отделить последствия текущих обстоятельств от типа биологического предпрограммирования, о котором говорил Баркер. (Более того, если вы утверждаете, что из одного вытекает другое, вам нужно уметь очень хорошо статистически учитывать другие возможные объяснения.) По результатам лучших исследований, проведенных на сегодняшний день, кажется, что раннее развитие мозга действительно зависит как от условий до рождения, так и от множества факторов после. Итак, если предположить, что вы внимательно выбрали гены и провели внутриутробный период в оптимальных условиях, то что же дальше?

Обогащенная среда в раннем возрасте

Третья причина хорошенько подумать над выбором родителей состоит в том, что они очень серьезно влияют на ребенка в первые годы его жизни. Современное воспитание детей действительно иногда кажется минным полем, полным опасных решений, каждое из которых может значительно повлиять на когнитивное развитие ребенка и его благополучие в будущем, причем, как именно, сказать невозможно. Имеет ли значение то, что женщина немного выпила перед тем, как покормить ребенка грудью? А что насчет сна и приучения к горшку? Нужны ли детям органические продукты? Действительно ли стоит заставить всех построиться и пойти на уроки детской йоги и плавания, на гимнастику для малышей либо уроки музыки или иностранного языка после школы? Если бы вы ничего из этого не сделали, была бы жизнь вашего ребенка хуже? Оказывается, что в случае большинства подобных решений и для большинства людей правильный ответ таков: да, это неплохая идея, но только если никто не против.

Чтобы дать более научный ответ, нужно рассмотреть два разных типа воздействия окружающей среды. При одном типе воздействия мы наблюдаем прямой биологический эффект, а второй можно назвать «обогащенной средой».

Давайте сначала разберем пример биологического воздействия: это грудное вскармливание. На протяжении всей истории человечества грудное молоко считалось и считается самой питательной и безопасной пищей для ребенка. Только в последние десятилетия появились полноценные сбалансированные молочные смеси, дающие ребенку столько же энергии, белка, витаминов и минералов, сколько грудное молоко. Но сейчас в некоторых развивающихся странах даже при наличии таких смесей нет чистой воды, в которой их можно было бы смешивать, нет возможности стерилизовать бутылочки, а также нет других принадлежностей для кормления ребенка. Кроме того, молозиво, густое желтоватое молоко, вырабатываемое организмом женщины сразу после родов, содержит антитела, которые защищают ребенка от опасных заболеваний, таких как расстройство желудка и грипп. Учитывая эти две причины, причем обе они очень веские, Всемирная организация здравоохранения рекомендует кормить младенцев исключительно грудным молоком до полугода, а также до двух лет продолжать им давать грудное молоко параллельно с другим питанием. По текущим оценкам, при оптимальном режиме грудного вскармливания можно спасти около 800 000 жизней в год.

В развитых и развивающихся странах факторы окружающей среды, влияющие на грудное вскармливание, довольно сильно различаются. (В США, например, многие женщины возвращаются на работу задолго до окончания рекомендованного периода грудного вскармливания, и по этой и другим причинам зачастую мамы предпочитают прекратить кормить ребенка грудью, если вообще начинали это делать, раньше, чем через полгода после его рождения. Для всех родителей – и для тех, кто хочет кормить грудью, но не может по каким-то причинам, и для тех, кто не хочет, но чувствует давление со стороны, – это крайне болезненная тема.) Но с научной точки зрения мы знаем почти наверняка, что даже в развитых странах, где есть безопасные альтернативы грудному молоку, грудное вскармливание дает детям преимущество, если смотреть на результаты IQ-тестов.

Наша основная версия на данный момент заключается в том, что грудное вскармливание ребенка повышает в дальнейшем его IQ примерно на три балла. Так же, как и в случае с курением, о котором мы говорили ранее, отделить эффект грудного вскармливания от других факторов чрезвычайно трудно: это и IQ матери (который напрямую влияет на IQ ребенка), и социально-экономические и образовательные

факторы (связанные как с IQ матери, так и с вероятностью того, что она предпочтет грудное вскармливание). Лучшие доказательства, имеющиеся на сегодня, получены по результатам исследований, в которых пытаются статистически контролировать все эти факторы влияния. С одной стороны, незэтично отбирать матерей в случайном порядке по признаку того, кормит женщина грудью или нет, но, с другой стороны, можно выбрать тех, кто нуждается в дополнительной поддержке с грудным вскармливанием: результаты исследования, проведенного в Республике Беларусь, показали, что увеличение количества женщин, кормящих грудью, связано с повышением IQ у детей матерей, которым помогали кормилицы. В целом это дает нам основания полагать, что грудное вскармливание обеспечивает небольшое, но реальное улучшение IQ-тестов в детстве. Трудно сказать, будет ли это работать на протяжении всей жизни, но поскольку IQ в детстве определяет IQ во взрослом возрасте, а затем и результаты образования и доходы, то мы можем предположить, что по крайней мере некоторый эффект раннего повышения IQ виден и в дальнейшем.

А как насчет социальных или культурных аспектов окружающей среды ребенка? Будет ли прослушивание сонат Моцарта, а не, скажем, поп-музыки сильнее стимулировать мозг малыша и повлияет ли на его раннее когнитивное развитие? Если отвечать коротко, то, рассматривая различные разумные способы воспитания ребенка, намного важнее будет, какой вы родитель, а не те решения по воспитанию, которые вы активно принимаете.

Давайте поговорим об этом. Прежде всего: кто вы такой? Значение имеют ваши гены: ранее мы уже говорили, что примерно около половины нормальных вариаций черт, которые нас интересуют (таких как размер мозга, показатели IQ и психическое здоровье), можно отнести к генетическим факторам. И мы знаем, что образовательная, социальная и экономическая ситуация родителей тоже много значит, поэтому при любом обсуждении достижений детей мы должны их учитывать. Что не имеет большого значения, так это выбор возможностей, который вы даете своим детям. Мы не говорим о непристойностях или пренебрежительном отношении, которые, конечно, могут иметь долгосрочные и серьезные последствия. Но нет никаких доказательств того, что на развитие когнитивных способностей положительно или отрицательно влияют повседневные решения родителей среднего класса с благими намерениями: учить ли ребенка музыке, плаванию, французскому языку или отдать изучать Библию; кормить его органическими продуктами, держать на безглютеновой диете, готовить домашние блюда или греть полуфабрикаты в микроволновой печи; разрешать ли смотреть мультфильмы и играть в жестокие видеоигры или поощрять чтение классической литературы. Конечно, у всех этих решений будут конкретные последствия: сможет ваш сын произвести впечатление на будущую возлюбленную, заказывая еду на французском языке или, скажем, обсуждая тонкости сюжета «Гордости и предубеждения», или нет. Однако мы не знаем, как все это отразится на его жизни в целом: насколько он будет счастлив, сколько денег заработает или как долго проживет. Все эти вещи в подавляющем большинстве случаев определяются не решениями, которые принимают родители, а двумя другими факторами: кто эти родители и что конкретно происходит с ребенком в жизни.

Откуда это известно? Ну, в значительной степени оттуда же, откуда мы знаем о способности тех или иных черт передаваться по наследству: смотрим на сходства и различия между членами семьи с различным количеством общих генов и общих сред обитания. Для специалиста по генетике все, что относится к окружающей среде (то есть не к генетике), характеризуется либо как общее, либо как уникальное. Общая среда есть, например, у братьев и сестер в семье. Если у ваших родителей либеральные взгляды на необходимость выполнения домашнего задания, или, чтобы отдохнуть, они ходят по барам, или заставляют вас ложиться рано спать, или кормят исключительно фастфудом – все это часть вашей общей среды. Влияние уникальной окружающей среды – это то, что происходит только с вами и не относится к остальным вашим братьям и сестрам: удар по голове, который вы получили в возрасте пяти лет, сладости, которые вы втайне покупали на деньги, сэкономленные от школьного обеда, учитель химии, который разжег в вас интерес к науке, когда вам было тринадцать. Иными словами, общая среда – это то, на что могут повлиять родители; уникальная среда – это то, что они контролировать не в силах. И множество исследований, сделанных в различных любопытных семьях – с близнецами, воспитанными вместе, с близнецами, воспитанными отдельно, и в приемных семьях

с родными и неродными с точки зрения биологии братьями и сестрами, – дают один и тот же ответ: общая окружающая среда в меньшей степени влияет на человека по сравнению как с генетикой, так и с уникальной окружающей средой.

Что же есть такого в уникальной среде и почему она настолько сильно влияет на развитие ребенка? Одним из основных факторов, особенно когда речь идет о поведении детей, является влияние сверстников. Удивительно, но то, с кем ребенок ходит в школу и с кем он предпочитает «тусоваться», гораздо больше влияет на него в социальном плане, чем родители, так как дети учатся взаимодействовать со сверстниками. В целом дети, и особенно подростки, выбирают друзей, которые чем-то похожи на них, а затем делают то же, что и их друзья, одеваются так же и так далее. Еще стоит отметить, что шанс, или случайность, тоже относится к уникальной среде и, конечно, иногда играет большую роль.

Как стать тем, кто вы есть

Еще один фактор, определяющий, кем становится ребенок, – то, кем он является в детстве. Мы уже немного говорили об этом, когда обсуждали музыкальный талант: родители могут одновременно влиять на детей и на окружающую среду, в которой они растут, и это влияние растет в течение всей жизни. Так что некоторые вещи, которые мы считаем исключительно факторами среды, могут работать частично или главным образом через гены. И некоторыми генетическими факторами, ведущими к хорошим или негативным последствиям, может управлять образ жизни.

Рассмотрим случай, где действительно видна четкая связь между поведением и болезнью: курение и рак легких. Нет никаких сомнений в том, что курение, фактор окружающей среды, повышает риск развития рака легких. Но здесь тоже участвуют гены: они не только делают вас более или менее подверженным заболеванию, но и определяют склонность курить и продолжать курить, даже когда вы знаете о негативных последствиях. Одним людям курение нравится больше, чем другим, есть те, кому труднее от него отказаться, а есть те, кому легче. И некоторые из этих вариаций обусловлены генетическими факторами.

Мы полагаем, что многие связи между генами, ранней средой и здоровьем мозга на протяжении всей жизни работают через схожие поведенческие модели и наклонности. Однако трудно точно определить, что идет сначала – поведение, которое может привести к опасности для здоровья, или состояние здоровья. Например, мы знаем, что люди с ранними симптомами шизофрении курят марихуану чаще, чем все остальные. Но что причина, а что – следствие? Как бы то ни было, исследователи считают, что курение марихуаны делает мозг более уязвимым к развитию шизофрении, но пока это точно неизвестно.

Лучшее, что есть у нас в арсенале для ответов на такие вопросы, это наблюдения над людьми на протяжении всей их жизни, причем предпочтительно, чтобы человека начали изучать еще до его рождения. В одном таком исследовании приняли участие более тысячи младенцев, родившихся в городе Данидин в Новой Зеландии в 1972 и 1973 годах. Сейчас, когда этим детям за сорок, 96 % из них все еще участвуют в эксперименте, и это позволило исследователям из Данидина многое рассказать нам о влиянии среды в раннем возрасте на мозг, а также о том, как это влияние сказывается на тех, кто отлично устроился в жизни, и на тех, кто постоянно сталкивается с проблемами.

Исследование в Данидине продемонстрировало нам одну потрясающую вещь: как различия характеров проявляются позже в жизни и как они влияют, в частности, на самоконтроль. Дети, хорошо умеющие себя контролировать, как правило, более сознательные: они научились до определенной степени сдерживать свои эмоции и реакции, а также способны откладывать удовольствие на потом. Этими качествами управляет префронтальная кора, которая, если помните, о чем мы говорили, обсуждая процесс старения, развивается среди всех отделов мозга в последнюю очередь и обычно продолжает развиваться и в подростковом возрасте, и даже после двадцати лет. Таким образом, у детей с развитым самообладанием в целом более функционально зрелый мозг, и, как и другие черты характера, склонность к высокому или низкому самоконтролю обычно остается с нами на всю жизнь. Оказывается,

что склонность к самоконтролю, которая начинает проявляться на раннем этапе развития, имеет последствия на всю жизнь: у детей из Данидина, плохо умеющих себя контролировать (по мнению исследователей, учителей и родителей) в возрасте от трех до одиннадцати лет, наблюдали целый ряд негативных последствий в дальнейшей жизни. У них было хуже с финансами (ниже доход, меньше сбережений и собственности), хуже со здоровьем, а также они с большей вероятностью становились родителями-одиночками, получали судимость или употребляли наркотики. Записи о том, как участники исследования в Данидине вели себя, будучи подростками, объясняют, как хуже контролирующие себя школьники превратились во взрослых, находящихся в худшем положении. В подростковом возрасте они гораздо чаще попадали в неприятности, рано бросали школу, начинали курить, беременели. И генетический анализ пролил еще немного света на проблему успешности детей из Данидина. Те, кто родился с более «успешным» набором генов (с генами, которые, по результатам других исследований, были связаны с более высоким образовательным уровнем), как правило, преуспевали в течение всей жизни, начиная с того момента, когда учились говорить и читать, до получения во взрослой жизни работы более высокого статуса, встречи с прекрасным партнером и лучшей подготовки к выходу на пенсию. Дети с более высокой генетической склонностью к успеху были более социально мобильны, независимо от социальной группы, к которой они принадлежали от рождения. Подробно изучив все, что произошло в жизни этих детей, мы получили представление о невероятном количестве способов влияния определенных функций мозга на разные аспекты жизни в более старшем возрасте.

Что можно сделать, чтобы помочь взрослому мозгу

К тому моменту, как вы дошли до этого раздела книги, вы наверняка уже миновали этап раннего развития да и с подростковым периодом уже покончено. (Если нет, вы молодец и здорово обгоняете в развитии своих сверстников!) Итак, что же мы теперь можем сделать, чтобы заставить мозг работать лучше и защитить его от губительного действия старости?

Существует масса рекомендаций, однако далеко не все они подкреплены научными доказательствами. Здесь мы рассмотрим две наиболее исследованные. Про них мы можем сказать с достаточной уверенностью: они помогут. Как и в случае с физическим здоровьем, нет волшебной таблетки для сохранения и защиты мозга. Мы можем сделать две вещи: оставаться физически и умственно активными. Когда мы говорим о нормальном процессе старения здорового головного мозга, на самом деле мы обсуждаем одну из двух задач: либо как свести к минимуму постоянный ущерб «техническому оснащению» мозга, главным образом за счет лучшего поддержания кровоснабжения, либо как оптимизировать работу «программного обеспечения» мозга.

Есть множество доказательств того, что дольше когнитивные функции сохраняют люди, активно делающие какую-то умственную работу. Например, они изучают новый язык, учатся играть на музыкальном инструменте, решают кроссворды или участвуют в интеллектуальных мероприятиях. Однако мы должны быть очень осторожны, определяя вектор причинно-следственной связи. Может оказаться, что люди, чьи когнитивные функции сохранены, получают больше удовольствия от умственных задач, чем те, чьи способности начинают снижаться. По этой причине трудно провести методологически правильные исследования для проверки эффективности таких вещей, как программы для тренировки мозга, где людям дают головоломки и игры, предназначенные для развития когнитивных навыков, – их приятно и интересно решать, но сложность возрастает (это похоже на упражнения, где человек поднимает все более тяжелый вес для наращивания мышечной силы). Поскольку люди выбирают тот режим, который им больше нравится (а затем с большей охотой придерживаются именно его), трудно провести достаточно хорошо контролируемое исследование и решить, действительно ли конкретная программа для тренировки мозга или когнитивная деятельность хорошо поддерживает работу и здоровье мозга.

Очевидно, что те, кто больше времени на протяжении жизни занимался работой, требующей умственных усилий, в какой-то степени лучше защищены от физического воздействия последствий старения головного мозга и дегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера. В главе 7 мы говорили, что этот буфер называется «когнитивный резерв». Идея его состоит в том, что он представляет

собой резервное хранилище функции мозга и защищает нас от функциональных последствий повреждений головного мозга, вызванных «нормальным» старением или болезнью. Этот когнитивный резерв существует, в этом нет никаких сомнений: люди с более высоким IQ, а также те, кто дольше учился или больше времени выполнял работу, требующую решения сложных задач, менее подвержены риску развития деменции, хотя в их мозге наблюдаются обычные повреждения, связанные с возрастом и болезнями. Фактически посмертные исследования показали, что люди с более высоким когнитивным резервом, у которых развивается деменция, даже при большем повреждении мозга, проявляют менее серьезные симптомы, чем те, у кого низкий когнитивный резерв.

Мы полагаем, что когнитивный резерв создается на протяжении всей жизни, поэтому независимо от того, сколько вам лет, нужно участвовать в интеллектуальных мероприятиях, решать сложные задачи, учиться новому и жить по принципу «используй или потеряешь». Однако многие люди в жизни сталкиваются с решением сложных когнитивных задач, особенно те, кто работает в сфере высшего образования или в профессии, требующей большого количества знаний. Итак, что же лучше всего делать с точки зрения мозга в промежутке между правильным выбором в подростковом возрасте и интеллектуальными занятиями на пенсии?

Самое лучшее, что можно сделать, чтобы поддержать мозг в здоровом состоянии во взрослом возрасте, – оставаться физически активными, и с этим ничего не поделаешь. Это довольно просто объяснить: мозг использует много кислорода и энергии, которые качает сердце, наполняя ими весь организм. Если сердечно-сосудистая система работает плохо и проявляются какие-то связанные с этим симптомы, например накопление отложений в артериях, то это приводит к повреждению головного мозга, поскольку кислород и другие питательные вещества перестают нормально поступать в мозг. Со временем это может привести к серьезным хроническим заболеваниям (равно как и к сердечно-сосудистым заболеваниям, таким как ишемическая болезнь сердца и сердечная недостаточность), а также может вызвать острые проблемы, такие как инсульт (эквивалент сердечного приступа). Здоровая сердечно-сосудистая система поможет поддерживать хорошее состояние всех отделов головного мозга, обеспечивающих когнитивную функцию.

«Ага, – скажете вы, – но, скорее всего, большинство этих доказательств основываются на наблюдениях и поэтому могут быть искажены теми же самыми факторами, что мы неоднократно рассматривали в этой главе. Люди с высшим образованием, более высоким IQ и социальным или финансовым положением склонны заботиться о своем здоровье и другими способами: они лучше питаются, меньше подвергаются стрессу, меньше вероятности, что они курят, и больше – что пойдут к врачу при первых симптомах проблемы. Не могут ли все эти факторы тоже влиять на здоровье мозга?»

Конечно, могут. В исследованиях действительно есть много ограничений, которые зависят от того, как люди отвечают на вопросы о физической нагрузке на прошлой неделе, не говоря уже о всей жизни. Как обычно, мы рассмотрели рандомизированное контролируемое исследование (РКИ) как самую надежную проверку того, действительно ли физические упражнения улучшают познавательные функции или увеличивают шансы развития когнитивного расстройства. В РКИ участники испытываемой и контрольной групп назначаются случайным образом. Например, в РКИ лекарственного средства испытываемой группой будет та, что принимает лекарственное средство, а контрольная группа часто получает плацебо. Когда испытываемая группа должна выполнять какую-то физическую деятельность, это не всегда так просто, как могло бы быть. Помимо принятия решения, как часто и насколько упорно участники должны заниматься, как вы сможете обеспечить, чтобы тот, кто обычно занимается мало, но был отобран в группу, где заниматься нужно больше, на самом деле делал то, что нужно? Нужно ли, чтобы контрольная группа «занималась как обычно» или «не занималась вообще»? Как долго группа испытуемых должна продолжать заниматься, чтобы эффект можно было бы сравнить с воздействием предшествующего поведения в течение целой жизни?

Хорошо искать доказательства в ситуациях, когда условия физической активности спущены сверху. Например, можно рассмотреть тренировки в армии или в тюрьме, но эти условия не характерны для большинства из нас. Поэтому мы обращаемся к детям.

Было предпринято немало попыток провести РКИ среди детей и молодых людей, чаще всего путем изменения количества обязательных занятий спортом и физкультурой. Эти исследования, как правило, небольшие и проводятся в относительно короткие сроки. Хорошая новость в том, что в ходе этих исследований обнаруживают небольшие улучшения в учебных достижениях и/или когнитивных характеристиках. Один из эффективных способов увеличить количество физической нагрузки заключается в увеличении количества уроков физкультуры в школьном расписании, и эти исследования, безусловно, подтверждают предположение, что физическая нагрузка – основной фактор оптимального здоровья мозга. Мы знаем, что физкультура полезна, но при этом большинство из нас все равно занимается ею недостаточно, возможно, потому, что нашему биологическому виду не характерно немного потерпеть сейчас, чтобы получить результат потом. Если нас интересует более краткосрочный эффект на работу мозга – скажем, стоит ли идти на пробежку во время подготовки к экзамену, – нужно заботиться о том, что происходит в мозге в тот самый момент, когда мы выполняем упражнение (о чем мы подробно поговорим позднее), и помогает ли это или препятствует работе познавательных функций.

Одно объяснение (психологическое) состоит в том, что физические упражнения стимулируют реакции мозга, он быстрее и точнее реагирует на раздражители, и таким образом мы лучше обрабатываем информацию. С биологической точки зрения благодаря физической нагрузке происходит выброс нескольких химических веществ, например дофамина и адреналина. Некоторые из них являются необходимыми участниками процессов, которые должны происходить в клетках для формирования новой памяти. Другими словами, серьезная физическая нагрузка заряжает мозг на молекулярном уровне, чтобы он мог лучше обрабатывать воспоминания и другую информацию, и независимо от того, сколько вы занимались в течение всей жизни, если начать заниматься сейчас, это поможет мозгу лучше подготовиться к закладке новых воспоминаний.

Таким образом, физическая нагрузка оказывает положительный эффект на химические процессы мозга. Однако если вы внезапно начинаете с чрезмерным усердием заниматься на беговой дорожке по несколько часов в неделю, то процессы, происходящие в мозге, будут наименее очевидными из всех физиологических изменений. При этом то, что происходит в мышцах, также может повлиять на работу мозга. Недавно проводились исследования на мышцах, обезьянах и студентах университета, ведущих сидячий образ жизни, и в результате обнаружили химическое вещество, называемое катепсин В, белок, выделяемый мышцами во время тренировки. Когда студенты, ранее ведущие сидячий образ жизни, проходили довольно серьезную программу тренировок на беговой дорожке в течение четырех месяцев, увеличение уровня катепсина В у них в крови коррелировало с улучшением показателей визуальной памяти, например способности рисовать картинки по памяти.

Как что-то, спрятанное в мышцах, помогло этим студентам выполнять когнитивные тесты? Ответ кроется в гиппокампе. Одна из причин, по которой мы то и дело возвращаемся к этой структуре мозга, состоит в том, что она является одной из двух основных областей, способной генерировать новые нейроны. Это крайне удивительно: до недавнего времени считалось, что все ваши нейроны сформировались во время эмбрионального развития, но теперь ученые полагают, что гиппокамп взрослого человека производит около 700 новых нейронов в день.

К сожалению, нет надежного способа точно измерить ежедневные изменения в гиппокампе живого человека; но мы знаем, что когда грызунам в клетки ставят колеса для бега, то эти упражнения увеличивают как их познавательные способности, так и количество новых нейронов, развивающихся в гиппокампе. Вероятно, именно с помощью этого механизма можно объяснить, как физические упражнения увеличивают размер гиппокампа и повышают память. Процесс нейрогенеза регулируется химическими веществами, называемыми факторами роста, и катепсин В, видимо, стимулирует какие-то из них. Это довольно длинная история: белок вырабатывается мышцами, идет по кровеносным сосудам, проходит гематоэнцефалический барьер и в конечном итоге заходит глубоко внутрь мозга, где и стимулирует появление новых нейронов.

Последнее, что касается физической активности: ввиду того, что непосредственные и долгосрочные эффекты упражнений на мозг совершенно разные, они представляют два независимых метода

оптимизации его работы. А что будет, если их соединить? Недавно это проверили на семидесяти пяти молодых людях, обычно ведущих не очень активный образ жизни, которые должны были заниматься разными физическими упражнениями в течение четырех недель. У них проверили работу памяти в начале и в конце четырехнедельного периода. Как и ожидалось, те, кто больше тренировался в течение четырех недель, показали результаты лучше, чем те, кто занимался меньше. Однако лучше всего проявили себя те, кто тренировался и в день тестирования. Возможно, в следующий раз, когда вы сядете на диван, раздумывая о том, пойти ли на пробежку, вам будет проще встать и выйти за дверь, если вы будете знать, что таким образом инвестируете в работу мозга и сегодня, и в будущем.

Что ограничивает работу мозга?

Никто из нас не может выбрать ни родителей, ни переживания и опыт первых лет жизни. Кажется даже, что лучшие намерения родителей не очень влияют на благоприятное развитие мозга. Однако в этой главе мы обсудили две модели поведения взрослых, которые могут на него повлиять, и могли бы поговорить на эту тему больше: например, насколько плохо в целом стресс влияет на мозг и насколько хорошо – способы справиться с ним (медитация, йога, музыка, общение и многие другие). Еще мы могли бы подробнее поговорить о воздействии сна, которое упоминали в главе 5, и прийти к выводу, что сон обеспечивает пополнение запасов сил мозга ежедневно, и хорошо бы, чтобы его было больше. Но ни один из этих советов не будет сюрпризом. Мы знаем, что полезно для нашего физического здоровья, и если и узнали что-то новое в этой главе, так только то, что здоровье мозга – не исключение. Стоит ли менять свою жизнь, чтобы попытаться оптимизировать работу мозга? Будьте уверены, что да. И делая это, нужно помнить, что мы – рабы привычки и что образ жизни, который мы принимаем, намеренно или нет, как правило, остается с нами на всю жизнь.

Тем не менее, несмотря на все наши наилучшие намерения и намерения наших родителей, мозг у нас все равно работает по-разному, а также мы отличаемся во всем, что с этим связано: у нас разный уровень образования, карьера и социальные успехи, мы по-разному сохраняем когнитивные способности в пожилом возрасте, по-разному счастливы. Пожалуй, именно двум последним пунктам нужно уделять самое пристальное внимание. Парадоксально, что мы знаем гораздо больше о том, что приводит к психическим заболеваниям и когнитивным расстройствам, чем о том, что нужно делать, чтобы сохранить с возрастом психическое здоровье и когнитивные функции. Только недавно ученые начали интересоваться теми, кому, кажется, удалось оптимизировать работу мозга: теми, кто сохраняет полностью все когнитивные способности в довольно преклонном возрасте, и теми, кто обладает отличным психическим здоровьем, несмотря на огромные проблемы. Таких людей мало, но они существуют. Чему же мы можем у них научиться, если говорить о пределах работы человеческого мозга?

Особенно интересным в этой области является проект SuperAging Северо-Западного университета в Чикаго. Это текущее исследование, в котором принимают участие люди в возрасте старше восьмидесяти лет, познавательные способности которых (в частности, память) не изменились с того времени, когда им было за пятьдесят или шестьдесят и они были здоровы. Нейровизуализационные исследования мозга этих людей показывают, что у них более толстая кора, чем у их ровесников, при этом такое же количество неповрежденной ткани мозга, как у людей в пятьдесят или шестьдесят лет. Правая передняя часть коры, область, связанная с когнитивной и эмоциональной обработкой информации, у участников проекта намного толще, чем даже у тех добровольцев, кто младше их на несколько десятков лет. По сути, основные нейронные сети в мозге этих полных жизни стариков за восемьдесят, которые контролируют такие функции, как память и внимание, выглядят так же, как и у более молодых людей.

Таким образом, люди, у которых в старости уникальным образом сохраняются познавательные функции, выигрывают, поскольку их мозг в какой-то степени противостоит старению. Но что мы знаем о людях с исключительно здоровой психикой? В Данидине только у 17 % участников исследования в течение первых четырех десятилетий жизни не было ни одного симптома психических заболеваний. Это очень

важный момент: редко бывает, чтобы человек сохранял психическое здоровье в течение всей жизни, а периоды плохого психического состояния – норма для большинства из нас. Меньшинство участников, у которых наблюдали стойкое хорошее психическое состояние, отличалось совсем не тем, о чем вы могли бы подумать сначала. Они не родились в богатых семьях, не обладали особенным физическим здоровьем или исключительным интеллектом. При этом характер у них был лучше и не было семейной истории психических заболеваний, из чего можно сделать вывод, что им повезло как с генетикой, так и с окружающей средой в прошлом.

Итак, насколько хорошо ваш мозг работает сейчас? Если вам одновременно повезло с развитием в ранний период жизни и при этом вы устойчивы к старению, то в позднем подростковом возрасте или после двадцати ваш мозг достигнет пика своей работы и, если повезет, останется таким еще на шестьдесят лет.

Однако у тех, кто живет на нашей планете сейчас, гораздо больше возможностей, чем когда-либо прежде: у нас есть возможность правильно питаться и получать образование; интернет и другие информационные технологии дают неограниченный доступ к существующему хранилищу человеческих знаний; сейчас меньше людей, чем раньше, живут в бедности или заняты тяжелой работой, не требующей интеллекта. При всем при том сегодня у «суперэйджеров», то есть тех, кто в старости сохраняет здравый ум, в распоряжении нет тех технологических и научных достижений, которые будут у их внуков и правнуков. В главе 9 мы не будем так тщательно придерживаться современной науки и рискнем предположить, каким окажется мозг человека будущего.

9

Что ждет современный мозг: сможем ли мы сохранить интеллектуальную силу или даже искусственно увеличить ее?

Представители человеческой расы готовы прилагать какие угодно усилия, чтобы стать как можно красивее. Люди по всему миру тратят на косметику 180 млрд долларов в год. В 2014 году врачи Американского общества пластических хирургов (American Society of Plastic Surgeons) сделали более четверти миллиона операций по установке имплантов груди, заработав на этом более миллиарда долларов. Насколько далеко мы готовы зайти, чтобы заставить мозг работать лучше?

Что, если с помощью одного нажатия на кнопку, таблетки или разряда электрического тока вы могли бы увеличить IQ, повысить мотивацию или стать привлекательнее? На подобных идеях уже много лет строятся научно-фантастические литературные сюжеты. В этой главе мы разберем, насколько они близки к реальности.

Также мы подумаем о том, какие движущие силы эволюции могут действовать на мозг прямо сейчас. Мы знаем, что человеческий мозг уже много тысяч лет постепенно ужимается с тех пор, как достиг пика физического развития, но что его ждет в будущем? Рынок имплантов груди наглядно демонстрирует нам, что половой отбор, скажем так, еще не полностью обусловлен привлекательностью мозга потенциального партнера, поэтому на мозг, чтобы он стал лучше, действует совсем небольшое эволюционное давление. При этом многие аспекты окружающей среды, в которой наш мозг растет, работает и к которой адаптируется, быстро меняются – например у нас появились экраны перед глазами и мы проводим перед ними большую часть рабочего и свободного времени. Следовательно, мы можем сделать кое-какие прогнозы не только о том, как наука и технологии улучшат работу мозга, но и о том, в чем наш мозг больше не будет нуждаться.

Таблетки для ума

Очевидно, что начинать надо с таблеток, повышающих умственные способности. Иногда их называют ноотропами, но это не одна категория веществ. Так скорее принято называть любой рецептурный препарат, безрецептурное средство или даже непроверенные растительные добавки, якобы усиливающие когнитивные функции. Нашумевший фильм 2011 года «Области тьмы»^[23] рассказывает

о невероятных возможностях и проблемах, которые может принести в мир реально действующий ноотропик. Благодаря вымышленному ноотропному препарату NZT-48 писатель с массой жизненных сложностей, персонаж Брэдли Купера, начинает использовать огромную емкость мозга и превращается в человека, зарабатывающего миллионы на фондовом рынке и представляющего сенат США^[24]. Однако вместе с материальным успехом лекарственное средство приносит и серьезные проблемы: многие, кто его принимал, либо умерли, либо были госпитализированы из-за побочных эффектов. Чтобы поддерживать поставку препарата, главному герою приходится выполнять работу, которую большинство из нас сочло бы довольно сомнительной с нравственной точки зрения. В фильме не говорится, повлиял ли как-то препарат NZT-48 на здоровье героя в будущем, но, определенно, его жизнь стала полноценнее и, конечно, опаснее. Важный момент сюжета состоит в том, что это нелегальное и секретное лекарство, доступное лишь избранным. Это дает Куперу главное конкурентное преимущество во всем, за что он берется, однако с тем, чтобы обеспечить постоянную и безопасную поставку лекарства, есть организационные проблемы.

«Области тьмы» – отличная история. Насколько она близка к реальности? Безусловно, в фильме показано много этических проблем, связанных с разработкой препаратов, стимулирующих когнитивные функции, включая вопрос о том, какие побочные действия можно считать приемлемыми и уравнивающимися лучшей работой мозга, а также о том, как регулировать дозировку препарата, чтобы влияние на человечество в целом было положительным и правомерным. В области научной фантастики открытым остается вопрос, насколько эффективным был NZT-48. Сейчас не существует лекарств, оказывающих хоть сколько-нибудь близкий к тому, что описан в фильме, эффект на познавательные способности человека.

Однако мы все больше и больше понимаем, как могут выглядеть средства для стимуляции умственной деятельности и как они могут работать. Например, есть лекарства, которые можно давать при болезни Альцгеймера. Они улучшают память и другие когнитивные функции пациентов примерно на год или два. Действуют эти лекарства за счет повышения уровня нейромедиатора ацетилхолина, компенсируя таким образом один из механизмов, который перестает работать при этом заболевании. Если лекарство будет принимать здоровый молодой человек, не страдающий недостатком ацетилхолина, оно не слишком усилит когнитивные функции мозга. Вряд ли подобные лекарства произведут такой же революционный эффект, как в фильме «Области тьмы».

Однако есть одна группа рецептурных препаратов, которые принимают в надежде стать умнее, и это лекарства, которые используют для лечения синдрома гиперактивности и дефицита внимания (СДВГ). Это нарушение развития мозга, которое может серьезно сказаться на учебе и на работе, а также на отношениях в обществе и семье. Один из классов лекарств, которые помогают при СДВГ, – это стимуляторы. На людей с СДВГ эти лекарства действуют таким образом, что к нейронам в префронтальной коре поступает больше нейромедиаторов – норадреналина и дофамина, стимулирующих активность в участках мозга, которые связаны с познавательной деятельностью. Считается, что у людей с этим синдромом они малоактивны.

Есть доказательства, что люди без симптомов СДВГ тоже могут немного улучшить когнитивные способности, принимая эти лекарства. Проводилось контролируемое исследование, в котором участвовало небольшое количество здоровых испытуемых. Они через день принимали то лекарство, то идентичные по внешнему виду плацебо. Результаты показали, что даже у людей без СДВГ стимуляторы могут немного улучшить память, а у некоторых – и другие аспекты познавательной деятельности.

Можно подумать, что все прекрасно, но есть ли какие-то недостатки? Скажем так, некоторые стимулирующие лекарства вызывают зависимость, а также оказывают разные побочные эффекты на организм: у человека повышается давление, учащается сердцебиение, нарушаются сон и аппетит. Все это может быть опасно для здоровья, особенно если принимать лекарство часто и без наблюдения врача. Поэтому «таблетки для ума» не получили широкого распространения, и по популярности их обошли препараты с меньшим количеством побочных эффектов. Изначально они предназначались для людей

с расстройствами сна и помогли им оставаться бодрствующими и сохранять внимание. Химически они действуют на мозг тоньше, не вызывая привыкания.

По оценкам, примерно 90 % подобных лекарств продаются легально, по рецептам врачей, но при этом совсем не для того, для чего их официально испытывали и выпускали в Управлении по контролю за продуктами и лекарствами США – от расстройства сна. Вместо того чтобы лечить симптомы сильной утомляемости и вялости, появившиеся вследствие болезни или под действием других лекарств, такие препараты используются военными и другими государственными структурами, чтобы войска оставались в боевой готовности и дольше сохраняли бдительность во время длительных сражений или на задании, а также их принимают студенты и те, кто верит, что от них голова начинает работать лучше. Рынок довольно большой, подобные вещества широко продаются без рецепта (нелегально). По данным опросов американских и британских студентов, примерно 10–20 % из них использовали одно из таких лекарств за прошедший год.

У этих веществ есть два разного рода преимущества, объясняющих их популярность среди тех, у кого нет когнитивных нарушений, связанных со сном. Во-первых, есть вероятность, что они вызывают ощущение удовольствия от занятий не такими уж приятными делами, например от зубрежки материала к экзаменам. Во-вторых, некоторые когнитивные функции высшего уровня явно улучшаются, например кратковременная память, способность планировать и подавлять неуместные или импульсивные реакции. Обычно это воздействие очень незначительное. Однако даже небольшое улучшение когнитивных способностей, концентрации внимания или способности справляться с довольно скучными делами, дает определенным категориям людей значительные преимущества: студентам, проводящим много времени на вечеринках; рабочим, делающим монотонную работу, требующую внимательного отношения к безопасности; и даже оперирующим хирургам, авиадиспетчерам и военным командующим, то есть людям тех профессий, где усталость и когнитивные нарушения могут иметь смертельные последствия.

У людей с болезнью Альцгеймера или СДВГ действие препаратов направлено на коррекцию нейрохимического дисбаланса: лекарство улучшает функцию, если у пациента в каком-то участке мозга она работает недостаточно хорошо. Многие здоровые люди отмечают, что у них повышаются мотивация и концентрация, при этом речь не идет об улучшении умственных способностей. Непонятно, могут ли существующие в настоящее время лекарства улучшить познавательные способности у того, чей мозг уже функционирует оптимально, то есть когда у человека все в порядке с нейрохимией, со сном, ему не скучно работать и он не слишком устает. Нужно сказать, что большинство из нас уже используют вещество, положительно влияющее на когнитивные функции, чтобы немного взбодриться или сконцентрироваться: это кофеин. Чрезмерное употребление кофеина, как и других стимуляторов, может вызвать нервозность, учащенное сердцебиение и проблемы со сном, но, в отличие от всех этих новых лекарств, он недорогой, не запрещен законом и широко доступен в продаже – на любой вкус. В конце концов, трудно понять, действительно ли ноотропы, которые мы можем сейчас купить, намного эффективнее кофеина. Им далеко до тех, о которых мы узнали из фильма «Области тьмы».

Основная причина кроется в том, что разработка нового лекарства – довольно тонкий бизнес. Таблетка, которую в конечном итоге глотаю я или вы, – очень сложное химическое соединение: она должна раствориться в желудке, всосаться в кровь и подействовать именно на ту часть организма, для которой она предназначена, причем вскоре должен последовать желаемый результат. Если это таблетка от головной боли, то эффект должен проявиться как можно скорее. Однако если цель – скорректировать количество серотонина в определенном участке мозга, нам бы хотелось, чтобы это происходило постепенно и чтобы между дозами лекарства деятельность мозга, связанная с серотонином, проходила плавно. Чтобы попасть в мозг, лекарство должно преодолеть огромное физическое препятствие: гематоэнцефалический барьер (ГЭБ). Это высокоизбирательная мембрана, окружающая мозг, она не позволяет всем веществам, которые циркулируют в крови, проникнуть в мозг. ГЭБ предназначен для того, чтобы не пропускать в мозг вещества, которые способны ему навредить, например необходимые для других функций организма, а также токсины, которые могут оказаться в крови. Недостаток ГЭБ заключается в том, что он серьезно ограничивает количество типов веществ, которые могут входить

в состав лекарств, действующих на мозг. В особенности трудно его преодолеть более крупным и сложным молекулам. Поэтому, если мы всерьез задумываемся о том, чтобы улучшить работу мозга в будущем, нам нужно рассмотреть какие-то другие способы помимо лекарств.

Что есть помимо лекарств: новые способы активировать мозг

Помимо технических сложностей, которые мы только что обсудили, таблетки еще и довольно бесполезны в том, что касается воздействия на мозг. Неужели нет каких-то других способов напрямую влиять на нейронные цепи?

На самом деле этих способов множество, и некоторые из них считаются наилучшими в медицинской практике, поскольку были опробованы. Действенным методом при лечении сложных случаев депрессии и некоторых других психических расстройств считается электросудорожная терапия (ЭСТ); обычно ее применяют, если медикаментозная терапия не действует. К голове пациента присоединяют два электрода и пропускают между ними электрический заряд. Неудивительно, что исторически это считалось последним средством, поскольку раньше не было так усовершенствовано, как сейчас, и побочные эффекты, например потеря памяти, были нередким явлением. Современная ЭСТ оптимизирована больше и позволяет свести к минимуму побочные эффекты, при этом ее проводят под наркозом. Один сеанс ЭСТ оказывается действенным примерно для половины пациентов с глубокой депрессией, на которых уже не действуют никакие другие методы лечения (для психических заболеваний это очень хорошая статистика).

Считается, что ЭСТ как бы перезапускает электрическую и химическую деятельность в мозге в кратчайший период и провоцирует рост новых нейронов в будущем. Есть и другие способы внешней стимуляции, разработанные для того, чтобы не так радикально «перезапускать» нейроны. Эти методы можно применять более точно на определенные области мозга, и они не так болезненны, поэтому пациенту не дают наркоз. Наиболее распространенный из них – метод транскраниальной стимуляции постоянным током, или транскраниальной микрополяризации, ТКМП. Здесь применяют постоянный электрический ток, пропуская его через определенную область мозга, располагая два электрода на коже головы. Ток используют для возбуждения или подавления нейронов в области, на которую нацелены электроды: поскольку этот метод не улучшает и не ухудшает когнитивные функции, он показывает перспективы лечения от депрессии, инсульта и некоторых других заболеваний мозга и считается достаточно безопасным при однократном применении. Сейчас приборы ТКМП одобрены в Европе для лечения депрессии, но при этом не одобрены в США, где нет достаточного количества доказательств, подтверждающих эффективность процедуры^[25].

О ТКМП сказать необходимо, однако есть методы, которые начали применять гораздо раньше, например тот, где вместо электрического тока для изменения возбуждения нейронов используют магниты. Чтобы пациент получил транскраниальную магнитную стимуляцию (ТМС), необходимо закрепить у него над головой специальную электрическую катушку, направленную под углом к той области мозга, на которую нужно воздействовать. С помощью этой катушки мозг стимулируют наведенным электрическим током невысокого напряжения, используя быстрые изменения в напряженности создаваемых магнитных полей. ТМС довольно широко применяется и считается эффективным методом лечения различных заболеваний, включая мигрени, невропатическую боль и депрессию, хотя на вид напоминает непонятный прибор со школьного урока физики. Однако есть одна загвоздка. Подобно тому как действие лекарства ограничено необходимостью преодолеть защиту в виде гематоэнцефалитического барьера, сигналы ТКМП или ТМС тоже должны пройти сквозь череп, чтобы воздействовать на нужную область мозга. А поскольку череп – это кость, он не очень хорошо проводит электричество. В результате у этих методов есть одни и те же ограничения, и в том, насколько точно они могут воздействовать на конкретную область мозга, и в том, насколько глубоко они могут проникать. Если мы говорим о большом участке на внешней поверхности коры головного мозга, то проблемы нет. А что, если вам нужно воздействовать на небольшой участок, спрятанный глубоко в мозге?

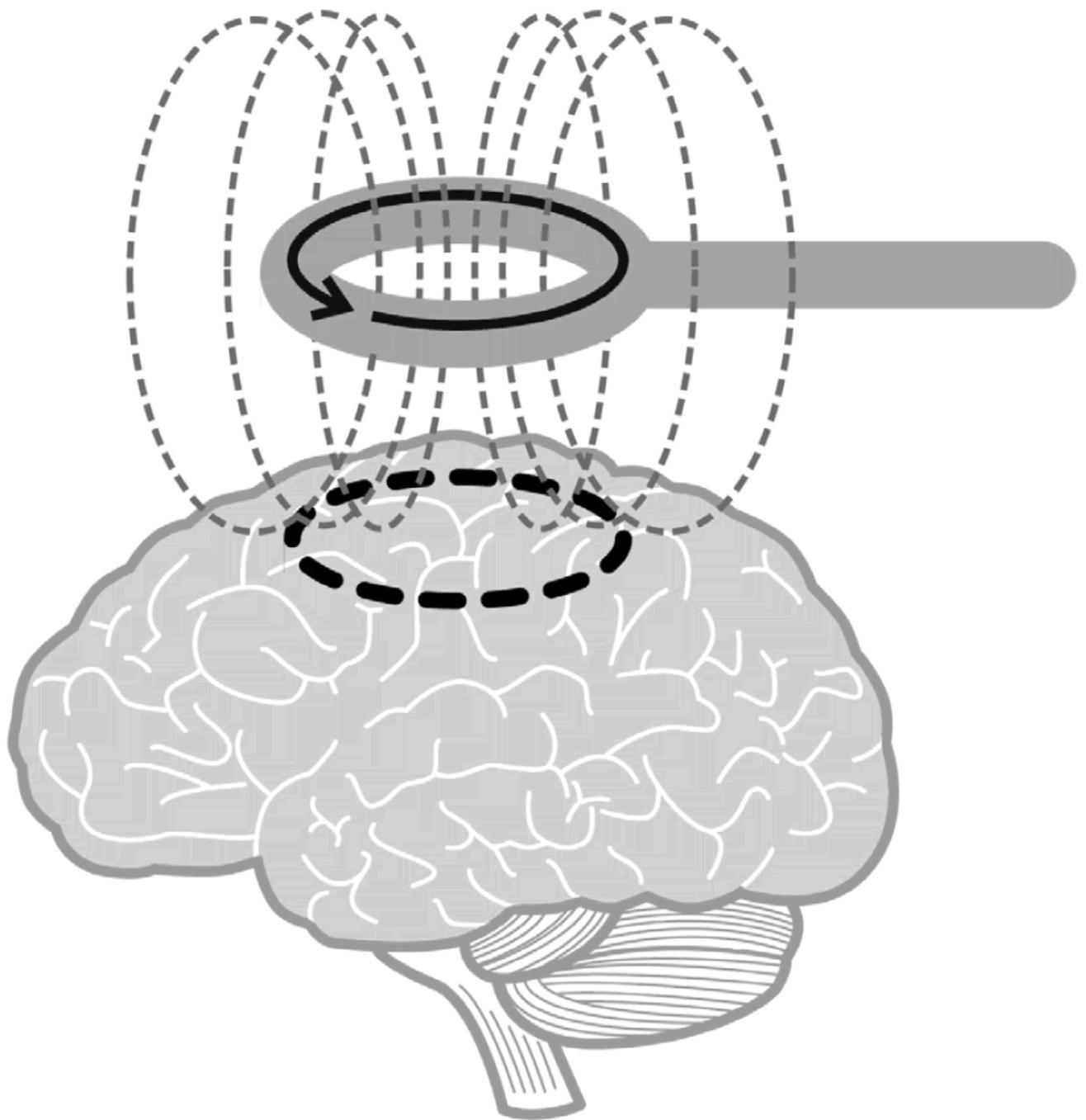


Рис. 7. Транскраниальная стимуляция постоянным током

Если так, то мы переходим к прямой стимуляции мозга, когда электроды имплантируются в мозг. Сами электроды находятся на концах проводов, проходящих под кожей и ведущих к прибору управления, находящемуся обычно прямо под ключицей. Это не простая операция, поэтому ее делают только пациентам с определенным типом болезни Паркинсона, идиопатическим дрожанием, эпилепсией, депрессией и обсессивно-компульсивным синдромом. Глубокая стимуляция головного мозга (ГСМ) считается безопасным и эффективным методом лечения в тех случаях, когда лекарства не работают. По сравнению с менее инвазивными методами, такими как ТМС или ТКМП, имплантировать электрод можно к конкретному участку мозга, что позволяет воздействовать на него точнее и добиться большего эффекта. Максимальных успехов в этой области удалось достичь, имплантируя электроды к базальным ядрам, важной группе узлов, находящихся глубоко в центре мозга. Они контролируют различные аспекты, связанные с произвольными движениями, а также некоторые когнитивные функции и эмоции. Когда в базальных ядрах умирают дофаминергические клетки, проявляются неприятные симптомы

болезни Паркинсона, включая неспособность инициировать определенные движения и неподвижность некоторых частей тела. ГСМ позволяет пациентам снова начать контролировать эти симптомы. Также она считается революционным методом лечения других неврологических заболеваний, при которых больной не может контролировать свои движения, что сильно осложняет повседневную жизнь.

За пределами биологии: мозговые импланты

Мы и не заметили, как постепенно стали жить в мире, где уже подумывают о возможности имплантировать механизмы в мозг. В качестве одного из примеров можно назвать прибор ГСМ, но это только начало.

Идея о том, что электронным прибором можно заменить неисправную деталь нейронного оборудования, не нова: кохлеарный имплант появился еще в 1980-е годы. Снаружи прибор выглядит очень похожим на слуховой аппарат, но функция у него совершенно иная. Слуховой аппарат находится снаружи и усиливает звуки, которые улавливаются ухом, а кохлеарный имплант позволяет «обойти» ухо и направляет электрический сигнал прямо в мозг. Устройство состоит из нескольких электродов, имплантированных в улитку, костяную полость во внутреннем ухе. Внешний прибор, располагающийся за ухом, улавливает речевые сигналы и переводит их в электрические, которые поступают на электроды и передаются прямо на слуховой нерв. Кохлеарные импланты сперва предназначались только для взрослых, потерявших слух. Но в последнее время они все больше применяются у детей. Считается, что лучше всего поставить ребенку кохлеарный имплант до полутора лет, поскольку это важнейший период овладения языковыми навыками. Многие из тех, кому ставят имплант в таком раннем возрасте, учатся говорить и слышать практически на нормальном уровне.

Сейчас разрабатывают аналогичные приборы для слепых. Они могут включать еще и дополнительное устройство для захвата изображения, которое будет обрабатывать динамические картинки в реальном времени и отправлять их в виде электрических сигналов на имплантированные электроды. После этого сигнал будет идти на зрительный нерв или сразу на первичную зрительную кору, ту область, где зрительные образы обрабатываются в первую очередь.

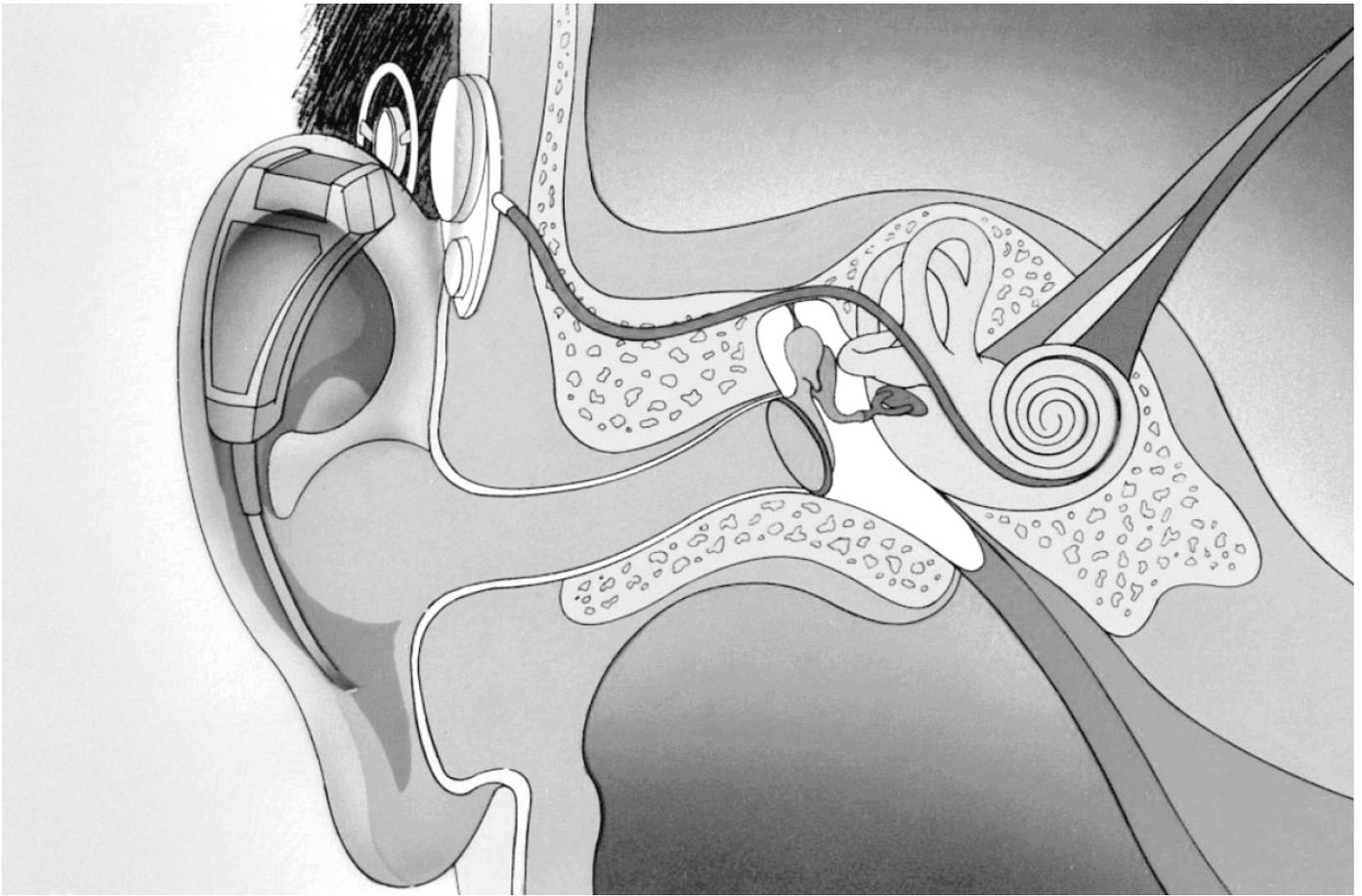


Рис. 8. *Кохлеарный имплант*

© sciencephotolibrary

Как видите, устройства для помощи людям с сенсорными нарушениями – это уже не научная фантастика. Какие еще инструменты для мозга хотел бы иметь любой уважающий себя киборг?

Может быть, биомеханические конечности? Устройства, которые обходят поврежденные или отсутствующие нервы, чтобы можно было контролировать протезы непосредственно мозгом, становятся все более сложными и изощренными. Эти приборы считывают нейронную активность коры мозга, расшифровывают намерение человека, а затем используют расшифрованный сигнал, чтобы контролировать протезированную конечность или внешние детали, например компьютер или инвалидное кресло.

Одним из основных ограничений при создании таких устройств является невозможность обеспечить не только способность считывать сигналы, идущие от мозга, но и сенсорную обратную связь в режиме реального времени, чтобы пользователь мог точно управлять протезом (представьте, как трудно было бы нарезать мясо, если вы не чувствуете, с какой силой нужно давить на нож, или съесть банан, не зная, как сильно вы его сжимаете). Большая часть разработок в этой области в основном финансируется военными организациями, особенно в США, где большое количество ветеранов вернулись после боевых действий с ранениями, которые не позволяют им жить прежней жизнью. Это подталкивает власти задуматься о том, чтобы инвестировать деньги в подобные разработки. В 2015 году Управление оборонных исследований США (DARPA) заявило, что им впервые удалось разработать протез руки, замкнув петлю обратной связи между протезом и чувствительными и двигательными областями коры головного мозга. Протез предназначался для двадцативосьмилетнего человека, парализованного более десяти лет после травмы позвоночника. В отчете говорилось, что он не только смог управлять рукой с помощью мозга, он мог испытывать ощущения так же, как если бы у него была настоящая рука.

В марте 2017 года ВВС и другие новостные агентства передали новость о Билле Кочеваре, человеке с диагнозом «квадриплегия», то есть паралич четырех конечностей: ему удалось самому поесть картофельного пюре при помощи датчиков, имплантированных в двигательную кору для контроля имплантов в руке. Он впервые смог двигать рукой за последние восемь лет, прошедших после того, как он попал в аварию. Подобные случаи показывают, как быстро мы приближаемся к тому, чтобы объединить работу мозга и различных устройств.

Другой полезный нейрокомпьютерный интерфейс может помочь людям общаться в тех случаях, когда повреждена способность говорить. Пожалуй, самый известный пользователь такой системы – это профессор Стивен Хокинг, уже почти пятьдесят лет проживший с симптомами заболевания двигательных нейронов. Кафедра прикладной математики и теоретической физики в Кембридже, где работает профессор, – отличное место, дающее доступ к лучшим средствам связи, управляемым мозгом. Профессор Хокинг экспериментирует с разными вспомогательными системами, включая интерфейсы, контролируемые движениями мозга и глаз, и считает, что наиболее удобная и наименее утомительная в применении система на самом деле относительно проста. Она состоит из инфракрасного переключателя на оправе очков, который определяет, когда профессор дергает щекой, и таким образом управляет движением курсора на компьютере. Текст, который он пишет на компьютере, отправляется на синтезатор речи, так что Стивен Хокинг может принимать участие в беседах почти в реальном времени, а также читать предварительно записанные лекции и выступать перед публикой.

Коммуникационная система профессора Хокинга позволила ему продолжить феноменально успешную карьеру ученого, несмотря на ужасные последствия болезни в двигательных областях мозга. Для некоторых пациентов компенсация последствий заболеваний головного мозга и черепно-мозговых травм с использованием внешних технологий будет огромным шагом вперед. Кроме того, есть вероятность, что нейрокомпьютерные интерфейсы и нейронные протезы будут совершенствоваться так, что станут полезными для здорового мозга и помогут нам преодолеть ограничения скорости, интенсивности обработки информации или памяти, которые у нас есть сейчас. Системы искусственного интеллекта (ИИ), использующие огромную внешнюю вычислительную мощность для решения конкретных задач, в некоторых областях теперь работают лучше, чем человеческий интеллект. Тем не менее ИИ не настолько пластичен, как человеческий мозг, и это неудивительно, поскольку он не может сравниться с ним ни по сложности, ни по числу частей, ни по количеству миллионов лет, в течение которых наш мозг постепенно совершенствовался. Однако ИИ может обрабатывать специфические данные быстрее человека, причем проявляя гораздо больше выдержки, не уставая и не ошибаясь. Например, системы ИИ неоднократно побеждали лучших игроков в шахматы и го, где правила игры очень четкие и количество их ограничено, а число возможных ходов и результатов того или иного хода система ИИ может рассчитать более эффективно, чем человеческий мозг, зависящий от разных факторов и способный ошибаться. Поскольку технологии протезирования и взаимодействия мозга и машины становятся все лучше, объединение их с мощными системами ИИ для обработки данных однажды может помочь нам действовать так же, как киборги.

При этом правда ли, что технология изготовления кремниевых схем – единственная надежда пациентов с нарушениями работы мозга? На самом деле некоторым пациентам стоит быть уверенными, что наилучший результат они получают совсем не благодаря компьютерам и машинам. Самое главное – это биологические процессы, позволяющие скорректировать патологические изменения при заболеваниях как можно ближе к источнику проблемы.

Меняем биологию на корню

Ранее мы уже обсуждали, что большинство болезней мозга и нарушений его работы имеют сложную генетическую природу, и значением обладает далеко не один ген, при этом действуют еще различные факторы окружающей среды. Есть вероятность, что рано или поздно геном младенца будет генерироваться при рождении. Сложная генетическая природа в сочетании с запутанной эпигенетикой

означает, что мы вообще не сможем предсказать, какой окажется личность в будущем, какой у человека будет IQ или сохранится ли у него риск заболеть, основываясь только на этой последовательности.

Геномика тем не менее будет играть гораздо большую роль в лечении заболеваний, связанных с нарушениями работы головного мозга в будущем, поскольку с помощью генной терапии можно будет изменить генетически управляемый признак или биологическую функцию прямо у истоков. Основная идея здесь заключается в том, что генетический материал будет использоваться как лекарство для исправления или компенсации биологических дефектов, но так, чтобы можно было направить его действие на определенный орган или группу клеток, а также чтобы была возможность «включить» его или «выключить» по мере необходимости.

Давайте ненадолго вернемся к базальным ядрам. До этого мы говорили, что смерть дофаминергических клеток приводит к болезни Паркинсона. Еще один вариант развития событий, при котором работа этого важного участка мозга нарушается, – ситуация, когда нейроны подвергаются действию мутированной формы белка гентингина. Из названия понятно, что мутации в гене, который кодирует белок гентингин, выступают причиной болезни Гентингтона, редкого заболевания мозга, вызванного мутацией одного-единственного гена. Если бы мы смогли остановить мутацию белка гентингина, то было бы одинаково просто остановить процесс умирания нейронов базальных ядер и симптомы болезни.

Первые попытки внедрения новой генетической терапии, направленной именно на это, были предприняты в конце 2015 года. Она заключается в том, что небольшое количество действующего вещества IONIS-HTTRx вводится в позвоночник, перемещается вверх по спинномозговой жидкости и в конечном итоге достигает нейронов головного мозга. Есть надежда, что препарат заставляет замолчать ген гентингина в клетках, которых он достиг, значительно уменьшая количество белка гентингина, который они производят. «Глушение» генов работает благодаря воздействию не на саму ДНК, а на РНК, промежуточное химическое вещество, необходимое для того, чтобы «перевести» рецепт, записанный в ДНК, в длинную цепь аминокислот, которая образует определенный вид белка. Таким образом, ДНК остается нетронутой, а РНК деактивируется, и клетка перестает производить ужасный белок гентингин.

Еще слишком рано говорить о том, будет ли эта конкретная терапия (или подобные ей) безопасна и эффективна для человека. Однако «глушение» генов – не единственный трюк, который вскоре будут проделывать с мозгом. В последнее время появились удивительные технологические достижения, позволяющие редактировать код ДНК, полностью удаляя мутированную последовательность генов. Эти методы называются очень сложно: короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами (CRISPR), и нуклеаза с цинковыми пальцами (ZFNs). Они основаны на приемах, позволяющих распознать определенную последовательность ДНК и разрезать молекулу ДНК в этом месте.

На практике это означает, что если бы мы могли безопасно использовать какие-то из инструментов редактирования на живой клетке, их можно было бы запрограммировать так, чтобы они вырезали только часть последовательности ДНК, вызывающую болезнь, и заменяли ее нейтральной частью (примерно так же работает программа редактирования текстов, просматривая ваше электронное письмо перед отправкой). В этом предложении важно слово «если»: эти инструменты для редактирования генов являются макромолекулами, которые нельзя давать в качестве лекарственного средства. Их нужно вводить непосредственно в мозг или присоединять к специально разработанному вирусу, после чего внедрять в мозг посредством хирургической процедуры. Если говорить об эмбрионе, то на ранней стадии может быть относительно легко ввести такой вирус, нацелив его на все клетки, из которых затем может развиваться мозг, свободный от болезни Гентингтона. Работая со взрослым мозгом, намного сложнее гарантировать, что каждый нейрон, затронутый болезнью, будет заражен полезным вирусом.

Болезнь Гентингтона необычна тем, что ее может вызвать мутация всего лишь одного гена, однако это не единственное заболевание головного мозга, для лечения которого так остро необходим прорыв

в методах генетики. Например, для лечения болезни Паркинсона в настоящее время существует несколько подходов на основе использования вирусов, и они показали себя довольно перспективными в клинических испытаниях на раннем этапе. Они нацелены на применение генной терапии, с помощью которой можно либо стимулировать рост нейронов в определенных областях, либо увеличить или уменьшить производство нейробиохимических элементов в определенных частях базальных ядер.

Есть еще одна интересная возможность использования генной инженерии, она заключается в создании системы, в которой различные группы нейронов мозга могли бы «включаться» или «выключаться», если просто направить на них свет. Этот метод называется оптогенетикой. На первый взгляд он кажется слишком надуманным, но уже широко используется в лабораторных исследованиях. Данный метод опирается на то, что нейроны и другие клетки могут быть генетически изменены таким же образом, как мы обсуждали ранее, чтобы вырабатывать светочувствительные ионные каналы. Ионные каналы – это белки, находящиеся в стенках клеток. Они действуют как ворота: либо пропускают разные виды ионов (заряженных частиц) внутрь, либо нет. Для нейронов ионные каналы особенно важны, потому что они определяют, когда нейрон будет активироваться, контролируя поток заряженных частиц и, следовательно, электрическое состояние клетки. Как только у клетки появляются новые светочувствительные ионные каналы, включение этого нейрона (или группы нейронов) можно проконтролировать, увидеть в буквальном смысле, направив на клетку свет^[26]. Метод позволяет проделывать совершенно удивительные вещи: мало того что исследователи контролируют, какие нейроны стали чувствительны к свету, они могут точно определить, когда эти клетки активируются, а когда выключаются.

Это прекрасный метод проверки поведения различных нейронных цепей в лабораторных экспериментах у живых существ. Вероятно, вы заметили одну неувязку: метод по-прежнему нуждается в том, чтобы небольшой участок измененного генетического кода попал в мозг, при этом теперь нужно иметь возможность там же получить и источник света! Так существует ли надежда, что ученым удастся найти такие методы лечения, с помощью которых они смогут помочь пациентам в ближайшее время?

Удивительно, но некоторые совершенно новые исследования, проведенные в Массачусетском технологическом институте, показывают, что это время ближе, чем мы думаем. Исследователи под началом экстраординарного ученого по имени Ли-Хьюи Цай в качестве отправной точки взяли тот факт, что у пациентов с болезнью Альцгеймера, помимо всего прочего, уменьшается образование гамма-волн. Это фоновые мозговые волны (говоря более научным языком, «нейронные колебания») определенной частоты, около 40 Гц. Гамма-волны интересны тем, что их производят группы нейронов, играющие, похоже, какую-то роль в когнитивной работе мозга, которая, как мы знаем, нарушается на ранних стадиях болезни Альцгеймера. Цай рассуждала следующим образом: что, если бы мы могли запустить гамма-волны в мозг пациента с болезнью Альцгеймера? Помогло бы это потом восстановить когнитивные функции? Она решила, что это можно сделать с помощью оптогенетики. И это была блестящая идея.

Ее команда взяла несколько генетически измененных мышей в качестве модели пациентов с болезнью Альцгеймера: у них были характерные амилоидные бляшки в мозге и проблемы с обучением и памятью. Их мозг заразили вирусом, несущим светочувствительный ионный канал, а затем просверлили крошечное отверстие в черепе, чтобы можно было вставить оптическое волокно. Это позволило активировать нейроны мигающим светом на определенной частоте – да, вы наверняка догадались, на 40 Гц. Ученые надеялись, что, искусственно повышая действие гамма-волн в мозге, они смогут в конечном итоге снизить симптомы болезни Альцгеймера у мышей. При этом то, что они обнаружили, было удивительно: после всего лишь часа воздействия светом количество амилоида в мозге сократилось вдвое.

Можно сказать, что искусственно вызванные гамма-волны убрали у мышей часть того, что мы считаем основной биологической причиной болезни Альцгеймера. Как же можно было узнать, работает ли этот метод на людях? Трудно было бы заставить человека согласиться на то, чтобы ему просверлили отверстие в черепе и посветили туда.

К счастью, природа уже предоставила возможность свету проникать в череп: через глазницы. Группа Цай продолжила демонстрировать действие света: если исследователи просто оставляли мышь в комнате со светом, мигающим на 40 Гц, то это точно так же эффективно работало и амилоидных образований становилось меньше. Что еще более поразительно, индуцируя гамма-волны при помощи вспышек света на определенный набор нейронов, получилось восстановить воспоминания, которые мышь, больная Альцгеймером, утратила. Таким образом, данный метод дает надежду на то, что можно не только остановить или уменьшить изменения, происходящие в мозге при болезни Альцгеймера, но и восстановить уже утраченные воспоминания. Ученые надеются в ближайшее время начать проводить испытания на людях. Мы будем с большим интересом наблюдать за этим!

Эволюция мозга

При таком количестве достижений науки и техники легко упустить из виду естественные изменения, которые происходят с нашим мозгом прямо сейчас. По мере того как мы исследовали работу мозга, мы часто вспоминали процесс эволюции, и нельзя забывать, что он еще идет.

То, как мы проводим время, а следовательно, как мы используем мозг, продолжает меняться. Более того, особенно быстро изменения происходили за прошедшее столетие в развитом мире. Для все большего количества людей наличие работы и хорошего дохода зависит не только от физических параметров, но и от нормальной работы когнитивных процессов. Сто лет назад большинство людей были заняты физическим трудом, и, скажем, со сломанной ногой выполнять какую-то работу было невозможно, зато ею могли с успехом заниматься люди с плохой памятью или не имеющие навыков планирования. Сейчас верно обратное, и большинство из нас проводит восемь, а то и больше часов, решая умственные задачи и тренируя мозг, и совсем мало времени – тренируя тело.

За последние десять лет или около того смартфоны и планшеты стали неотъемлемой частью жизни многих из нас. Благодаря этим устройствам многие функции мозга стали менее нужными, например необходимость запоминать номера телефонов или дорогу. При этом у нас появилась необходимость в других навыках, например в способности точно контролировать движения: посмотрите хотя бы на подростка, набирающего сообщения одной рукой, или на ребенка, играющего в игры на мобильном устройстве. Кроме того, получив доступ к компьютерам, смартфонам, планшетам, электронным книгам и плазменным телевизорам, человек в развитой стране стал в среднем больше времени проводить, оперев взгляд в ЖК-экран.

В СМИ нам постоянно говорят о том, что находиться подолгу у экрана вредно. Но так ли это на самом деле? Самый простой ответ: мы пока не знаем, как именно это влияет на наш мозг и, что особенно важно для родителей, на мозг развивающихся детей. Безусловно, есть причины ограничить количество времени, проводимого у экрана. В это время человек не активен физически, а мы знаем, что физическая активность важна для здорового развития (и это действительно так, причем для поддержания здоровья в любом возрасте). Однако в настоящее время есть доказательства, хоть их и немного, что время у экранов не влияет на количество игр на открытом воздухе, в которых принимают участие дети и подростки. С другой стороны, есть вероятность, что, если сидеть перед ярким мерцающим экраном поздно вечером, нарушаются циркадные ритмы и, следовательно, падает качество сна. В Швейцарии проводили очень интересное исследование, в котором подростки в течение недели во время работы за компьютером в вечернее время должны были использовать очки, стекла которых блокировали синий свет. Обнаружили, что ношение этих очков привело к уменьшению отрицательного эффекта от сидения перед экраном. Они повлияли и на концентрацию мелатонина (измеренную в слюне участников исследования) и на способность концентрироваться в вечернее время. Однако это, похоже, никак не сказалось на качестве сна или на работоспособности на следующее утро, поэтому есть мнение, что нет причины паниковать по поводу влияния сидения перед экраном в вечернее время на жизнь подростков.

А вот как отражается на мозге то, что дети делают, сидя перед экраном, – это нам не ясно совсем. Мы не знаем, идут им на пользу или нет часы, проведенные за компьютером, помогают ли игры развивать

когнитивные навыки, такие как умственная ротация, получают ли застенчивые дети возможность социального общения или, наоборот, у них снижается внимание и они становятся менее способными взаимодействовать в реальном мире. Понятно, что для прессы естественно подпитывать страхи родителей, однако среди специалистов по возрастной психологии бытует мнение, что в настоящее время у нас просто недостаточно доказательств ни того ни другого.

На мозг влияют многочисленные аспекты современной жизни, а не только то, как и для чего мы его используем. В предыдущих главах мы отмечали, что здоровое питание, физическая нагрузка, а также употребление наркотиков, алкоголя и табака влияют на мозг так же, как и на другие части тела. Современное законодательство об охране природы и трудовое законодательство среди прочего защищают нас от воздействия токсичных веществ, которые раньше не считались вредными. (В конце концов, прошло всего лишь лет десять с тех пор, как работники пабов или баров перестали проводить большую часть своего рабочего времени в непроницаемой табачной дымке.) В последние несколько десятилетий значительно сократилось содержание свинца в бензине, ртути в красках и асбеста в изоляции помещений, стало намного меньше пестицидов в пищевой промышленности, и мы гораздо меньше подвержены действию этих веществ. Представители организаций, занимающихся общественным здравоохранением, говорят нам, как важно использовать солнцезащитный крем, не курить и не пить алкоголь во время беременности. В наши дни дети гораздо меньше подвергаются действию нейротоксинов и канцерогенов, вызывающих мутации, чем в любое время после промышленной революции.

Сейчас люди живут дольше, и поэтому нам нужен мозг, более устойчивый к разрушительным последствиям старения и связанных с ним болезней, например болезни Альцгеймера. Поскольку они проявляются уже после наступления репродуктивного возраста, то естественный отбор не будет условием развития мозга. Однако изучение заболеваний, например той же болезни Альцгеймера, дает нам понимание того, как современный образ жизни и среда влияют на устойчивость мозга и механизмов, с помощью которых эта устойчивость поддерживается. Например, недавнее исследование, в котором изучали более 6 млн канадцев в течение длительного периода их жизни, показало, что наличие вблизи жилья оживленной дороги повышает риск болезни Альцгеймера, предположительно в результате воздействия на мозг шума или загрязнения воздуха. Выявление самых опасных факторов риска может помочь нам лучше понять основные процессы, происходящие в головном мозге, – например, хотя мы давно знаем, что сон очень важен при болезни Альцгеймера, мы только недавно обнаружили один из вариантов того, как он работает. Оказывается, при одном из механизмов гомеостаза, поддерживающем мозг в здоровом состоянии, интерстициальное (межклеточное) пространство мозга во время сна расширяется на 60 %. При этом сильно повышается интенсивность обмена отработанными продуктами между интерстициальной жидкостью, которая окружает сами нейроны, и спинномозговой жидкостью, окружающей головной мозг и проходящей вниз через спинной мозг. Таким образом происходит транспортировка нейротоксинов, в том числе и старого недруга – белка амилоида – из головного мозга посредством спинномозговой жидкости, помогая сохранить нейроны погруженными в лечебную ванну питательных веществ, а не в токсичную среду.

Станет ли в будущем наш мозг лучше или хуже того, что есть сейчас?

Как вы уже наверняка поняли, мы не знаем еще очень и очень многого о работе мозга. Но тем не менее мы можем немного поразмышлять о том, как современные тенденции использования мозга, а также изменения окружающей среды могут отразиться на самом мозге.

Мозг – это орган, формирующийся в соответствии со средой, в которой он развивается. Когда мы задумываемся о сильных и слабых сторонах мозга будущего, мы больше говорим о том, насколько ранний приобретенный опыт определяет качества мозга каждого человека, а не о медленных эволюционных процессах. Некоторые изменения, о которых мы тут сказали, отразятся на размножении. В самом деле, поскольку из-за роста уровня образования и доходов у женщин теперь, как правило, меньше детей, чем они могут иметь, есть вероятность, что чем больше в когнитивном плане развивается

мозг, тем меньше потомков наследуют его гены. С течением времени у мозга появится все больше сильных сторон, отобранных в ходе развития истории человека.

Итак, в чем же мозг людей будущего станет лучше? Ранее мы уже говорили, что поскольку мы сейчас реже используем большие группы мышц и чаще – мелкую моторику, есть вероятность, что произойдет своего рода перераспределение пространства, отведенного областям двигательной коры, контролирующим движения, а также усадка мозжечка. Если роботы и другие формы ИИ возьмут на себя большую часть низкоквалифицированной и низкооплачиваемой работы в гостиничной индустрии, розничной торговле, на фабриках и в сфере услуг, даст ли это большему количеству людей свободное время для творческих дел?

Если да, то это усилит связи в «режиме работы мозга по умолчанию», и ими станут сети взаимодействующих областей мозга, особенно активные во время выполнения мыслительных и творческих задач. И поскольку совершенствуются фармацевтические препараты, генетическая терапия и нейропротезирование, появится ли у здоровых людей возможность пользоваться преимуществами этих достижений, открывая новые сенсорные возможности, например способность видеть в ультрафиолетовом свете или ощущать магнитные поля? Ответы на эти вопросы в значительной степени зависят от того, что выберет общество: строение и функции нашего будущего мозга будут определяться как успехами в политике и праве, так и технологическими достижениями.

Есть только одна вещь, которая активно нарушает равновесие физической эволюции мозга. Мы начали говорить о пределах человеческого мозга, сказав, что размер головы при рождении определяет, насколько велик и насколько хорошо развит мозг ребенка. Достижения в области акушерской медицины, и в частности рост использования кесарева сечения для безопасных родов, означают, что главный фактор давления эволюционного отбора теперь не важен для большинства женщин в развитом мире. Учитывая, что примерно четверть детей в Великобритании и США появляются на свет при помощи кесарева сечения, по оценкам, это уже привело к тому, что число крупных младенцев увеличилось на 10–20 %, и они благополучно рождаются у женщин с узким тазом (хотя мозг крупных младенцев не обязательно работает лучше, чем у остальных).

Более того, есть функции мозга, которые совершенно точно будут хуже развиты у будущих поколений. Подобно тому как использование мобильных средств связи вытеснило необходимость запоминать номера телефонов и другие контакты людей, технологии продолжают замещать навыки, которые обычно развивались у людей на практике. Например, распространение самоуправляемых автомобилей приведет к тому, что пропадет необходимость учиться водить машину, своевременно давить на педали сцепления, скорости и тормоза. Кроме того, уменьшится время концентрации при перемещении по оживленным дорогам.

Придут ли в нашу жизнь какие-то новые задания, требующие тщательной подготовки, на смену экзамену по вождению как своего рода обряду перехода во взрослую жизнь? Или у нынешних младенцев, когда они повзрослеют, будет более ограниченная продолжительность концентрации внимания, потому что им никогда не придется делать что-то столь же напряженное, как ехать домой по оживленной автомагистрали?

А что наши эксперты думают о будущем мозга?

Когда мы брали у ученых интервью, которые вы читали в книге, мы задавали им один и тот же вопрос: как будет развиваться человеческий мозг? Безусловно, это была непростая задача, но, несмотря на то что они пытались увильнуть от ответа, все высказали интересные идеи о том, что можно будет увидеть в будущем. Более того, несмотря на то что эти эксперты работают в разных областях науки и поэтому с разных сторон смотрят на мозг, все они независимо друг от друга согласились в одном: новые технологии сыграют главную роль в том, как мозг будет меняться со временем.

Грэм Мюррей. В самом ближайшем будущем мозг эволюционировать не будет. Чтобы произошли какие-то значительные изменения, времени потребуется много. Однако мы уже научились менять

структуру и работу мозга.

В 1940–1950-х годах операцию под названием «лоботомия» делали тысячам пациентов, чтобы помочь избавиться от психических расстройств. В ходе операции удалялась значительная часть фронтальной лобной доли мозга. После этого состояние пациента улучшалось, но проявлялись побочные эффекты, и часто катастрофические, поэтому, к счастью, этот метод перестали использовать. Сейчас в психиатрической практике для улучшения работы мозга применяют лекарственные средства. Однако не исключено, что в будущем с развитием науки мы больше узнаем о том, как устроен мозг, и сможем использовать новые способы терапии, чтобы помочь душевнобольным пациентам. В качестве примера могу сказать, что ГСМ уже используется довольно широко при болезни Паркинсона, а также уже были удачные попытки лечить людей с обсессивно-компульсивным синдромом. Вероятно, новый метод все чаще будет применяться как альтернатива медикаментозному подходу для пациентов с серьезными психиатрическими проблемами. Самое главное – нужно будет провести тщательные рандомизированные контролируемые испытания, чтобы доказать безопасность и эффективность такого метода лечения и не повторить ошибок врачей времен лоботомии.

И это еще не все. Сейчас мы видим, что все чаще и чаще с помощью вмешательства можно улучшить отдельные способности мозга здоровых людей. Ужасно интересно, что же нам в этом плане готовит будущее.

Лорен Вайс. Я думаю, что будущее за технологиями, позволяющими менять геном. Они только-только начинают развиваться и могут сыграть огромную роль в предотвращении определенных заболеваний мозга, возможно, их будут применять вместе с программами для скрининга.

Саймон Кайл. За последние двадцать лет мы стали использовать гораздо больше технологий, которые, безусловно, оказали воздействие на когнитивные и социальные процессы. Я думаю, что технологии сыграют главную роль и повлияют в будущем на развитие мозга. В конце концов, я считаю, сильно изменится наш подход к работе мозга и способы разработки персонализированных методов, позволив напрямую вмешиваться в мозговую деятельность и оптимизировать ее посредством технологической и генной инженерии. Первоочередной задачей будет улучшение когнитивных функций и эффективности работы мозга. Не стоит забывать, что качественный сон, судя по всему, чуть ли не лучше всего улучшает работу мозга и восстанавливает организм, причем он нам уже доступен!

Фергус Грейси. Думаю, все зависит от того, как будет вести себя общество. Например, поскольку технологии развиваются, начнет ли мозг в ближайшее время развиваться в ответ? Будет ли «рынок» влиять на развитие мозга, продолжая производить и убеждать нас покупать более совершенные продукты? Будем ли мы больше подвержены влиянию маркетинга или сможем противостоять этому? Что это значит для нашего познания и для того, как мы понимаем и измеряем интеллект? Например, будут ли когнитивные оценки, которые мы используем в настоящее время, действительны через двадцать лет?

Мэгги Александер. В любую эпоху, когда возникают новые возможности, появляются новые технологии и новые обстоятельства, мы теряем какие-то функции мозга и приобретаем другие. Например, мы утрачиваем навык читать карты и все больше учимся пользоваться навигатором. Для этого нужны другие способности, но они тоже очень важны. Скорость, с которой мир менялся в последние сто лет, растет не линейно, а скорее экспоненциально. Но, несмотря на то что мы не можем сказать, что будет дальше, мы все равно приспособимся, в этом у меня нет сомнений. И тем не менее все равно останется часть поколения, которой будет сложнее адаптироваться, найдутся люди, ощущающие себя за бортом. Вот-вот появятся машины, едущие без водителей, например. Мне не нравится эта мысль, но другим такое нововведение даст больше свободы. Я пока думаю о тех, кому сложно перемещаться и нужна помощь с этим, например о людях с физическими недостатками и о

слабовидящих. Однажды им можно будет помочь с помощью технологий. Это может привести к тому, что и мозг адаптируется нужным с практической точки зрения образом.

Какой мозг нужен человеку будущего?

При таком потенциале развития технологий, которые, возможно, смогут поддержать работу функций, связанных с нарушениями мозга, любой оптимист скажет, что в будущем мозг сможет работать даже с меньшей емкостью и большими повреждениями.

Пессимист ответит, что это полностью зависит от выбора общества: будем ли мы счастливы оказаться в многообразном мире, где люди с сильными возрастными изменениями мозга живут дольше, где проигравшим в генетическую лотерею обладателям низкого IQ отказывают в приеме на работу, потому что с рядом задач лучше справится робот, или где рост населения означает, что недавние достижения интеллектуальной работы начали снова ухудшаться из-за недостаточного количества пищи и загрязненной окружающей среды.

Оптимист, вероятно, возразит, что и эти проблемы можно будет решить с помощью технологий или все, что необходимо для работы минимально жизнеспособного мозга, значительно изменится с развитием человечества в будущем. Если мы будем исследовать космос, например, то потребность в социальной гармонии во время длительных космических путешествий и в небольших сообществах первопроходцев сделает социальное познание наиболее ценным навыком.

Вероятно, у нас уже есть функции мозга, от которых мы были бы рады избавиться, особенно те, где существует несоответствие между эволюционным прошлым нашего мозга и современным окружающим миром. Например, значительная часть из той четверти человечества, которая страдает ежегодно от тревожности и депрессии, была бы только за снижение функций лимбической системы, контролирующей эмоции и реакции вегетативной нервной системы на стресс, или гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, регулирующих стрессовые реакции. Такие системы помогли нам остаться в живых в процессе эволюции, но сейчас они совершенно бесполезны в большей части ситуаций, в которых мы обычно оказываемся, ведь в них нет угрозы для жизни. В мире, где двадцать четыре часа транслируют новости, стрессовая реакция нейронной сети на стрельбу, происходящую за много тысяч километров от вас, может поддержать ваш интерес, и вы продолжите изучать новостной сайт, но это не поможет вам ни выжить, ни лучше спать ночью.

Если мы чему-то и научились в нашем путешествии в прошлое, настоящее и будущее мозга, так это тому, что у организма человека была и остается способность функционировать при самых удивительных обстоятельствах. Над каждым из нас висит угроза болезни и травмы, переменчивого генетического или экологического состояния, которые и определяют предрасположенность мозга к тем или иным тенденциям. Эти тенденции проявляются на протяжении всей нашей жизни, они сложны и запутанны, и, чтобы их понять и распутать, потребуется куда больше времени, чем наша жизнь. Мы надеемся, что вам понравилось это путешествие и вы научились ценить тот мозг, что у вас есть сейчас, каким бы он ни был!

Благодарности

Эта книга никогда бы не появилась, если бы не огромная помощь и советы людей, многие из которых знают о мозге гораздо больше, чем мы. Особенно хотим поблагодарить наших экспертов – Грэма Мёррея, Лорен Вайс, Саймона Кайла, Фергуса Грейси и Мэгги Александер – за то, что уделили время и согласились, чтобы их чудесные мысли появились в книге. Огромное спасибо нашим мудрым друзьям за их бесценные предложения: Анне Барнес, Алексии Барабл, Нику Уолшу, Джоэлу Уолмсли, Россу Ронсевеллу, Лиззи Гросс, Генри Айткену и Хуану Санчес-Луредо.

Если остались какие-то неточности, то они полностью на нашей совести, несмотря на их усилия.

И наконец, спасибо нашим замечательным семьям и друзьям, которые заряжали энергией и поддерживали нас (и мы надеемся, что они будут первыми в очереди за своими экземплярами!).

Библиография

Глава 1

Anderson B. and Harvey T. Alterations in Cortical Thickness and Neuronal Density in the Frontal Cortex of Albert Einstein // *Neuroscience Letters*. June 1996.

Australian Museum. How Have We Changed Since our Species First Appeared? URL: <http://australianmuseum.net.au/how-have-we-changed-since-our-species-first-appeared>. October 2015.

Benson-Amram Sarah, Dantzer Ben, Stricker Gregory et al. Brain Size Predicts Problem-solving Ability in Mammalian Carnivores // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. March 2016.

Bohn Lauren E. Q&A: «Lucy» Discoverer Donald C. Johanson // *Time*. March 2004.

Bozek Katarzyna, Wei Yuning, Yan Zheng et al. Exceptional Evolutionary Divergence of Human Muscle and Brain Metabolomes Parallels Human Cognitive and Physical Uniqueness // *PLoS Biology*. May 2014.

Brunet Michel, Guy Franck, Pilbeam David et al. A New Hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa // *Nature*. July 2002.

Cadsby Ted. Closing the Mind Gap: Making Smarter Decisions in a Hypercomplex World. Toronto: BPS Books, 2014.

Cairó Osvaldo. External Measures of Cognition // *Frontiers in Human Neuroscience*. October 2011.

Carmody R. N., Weintraub G. S., and Wrangham R. W. Energetic Consequences of Thermal and Nonthermal Food Processing // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. November 2011.

Clark W. E. Le Gros. The Fossil Evidence for Human Evolution. University of Chicago Press, 1955.

Cosgrove K. P., Mazure C. M., and Staley J. K. Evolving Knowledge of Sex Differences in Brain Structure, Function and Chemistry // *Biological Psychiatry*. October 2007.

DeFelipe Javier. The Evolution of the Brain, the Human Nature of Cortical Circuits, and Intellectual Creativity // *Frontiers in Neuroscience*. May 2011.

Douglas Fields R. Change in the Brain's White Matter // *Science*. November 2010.

Errington Jeff. L-form Bacteria, Cell Walls and the Origins of Life // *Open Biology*. Royal Society Publishing. January 2013.

Gould Stephen Jay. Ever Since Darwin: Reflections in Natural History. London: Penguin, 1991.

Gunz P., Neubauer S., Maureille B. et al. Brain Development after Birth Differs Between Neanderthals and Modern Humans // *Current Biology*. November 2010.

Hawks John. How Has the Human Brain Evolved? // *Scientific American*. July 2013.

Herculano-Houzel Suzana. The Remarkable, Yet Not Extraordinary, Human Brain as a Scaled-Up Primate Brain and Its Associated Cost // *Striedter G. F., Avise J. C. and Ayala F. J. (eds.). In the Light of Evolution: Volume VI: Brain and Behavior*. National Academies Press, 2013.

- Herculano-Houzel Suzana and Kaas John H.* Gorilla and Orangutan Brains Conform to the Primate Cellular Scaling Rules: Implications for Human Evolution // *Brain, Behavior and Evolution*. February 2011.
- Hofman Michel A.* Evolution of the Human Brain: When Bigger is Better // *Frontiers in Neuroanatomy*. March 2014.
- Institute of Human Origins. Homo Erectus. URL: <http://www.becominghuman.org/node/homo-erectus-0>. 2008.
- Kappelman John.* The Evolution of Body Mass and Relative Brain Size in Fossil Hominids // *Journal of Human Evolution*. March 1996.
- Liu C., Tang Y., Ge H., Wang F., Sung H.* et al. Increasing Breadth of the Frontal Lobe but Decreasing Height of the Human Brain between Two Chinese Samples from a Neolithic Site and from Living Humans // *American Journal of Physical Anthropology*. May 2014.
- McAuliffe Kathleen.* If Modern Humans Are So Smart, Why Are Our Brains Shrinking? // *Discover*. September 2010.
- Oró J. J.* Evolution of the Brain: From Behavior to Consciousness in 3.4 Billion Years // *Neurosurgery*. June 2004.
- Rakic Pasko.* Evolution of the Neocortex: A Perspective from Developmental Biology // *Nature*. October 2009.
- Robson David.* A Brief History of the Brain // *New Scientist*. September 2011.
- Rosenber Karen and Trevathan Wenda.* Birth, Obstetrics and Human Evolution // *BJOG*. November 2002.
- Smithsonian National Museum of Natural History. Sahelanthropus Tchadensis. URL: <http://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/species/sahelanthropus-tchadensis>. June 2017.
- Smithsonian National Museum of Natural History. Bigger Brains: Complex Brains for a Complex World. URL: <http://humanorigins.si.edu/human-characteristics/brains>. February 2016.
- Stringer Christopher.* Why Have Our Brains Started to Shrink? // *Scientific American*. November 2014.
- UCL News. Human Evolution Driven by Climate Change. October 2013.
- Ventura-Antunes Lissa, Mota Bruno, and Herculano-Houzel Suzana.* Different Scaling of White Matter Volume, Cortical Connectivity, and Gyricification across Rodent and Primate Brains // *Frontiers in Neuroanatomy*. April 2013.
- Wayman Erin.* Why Are Humans Primates? // *Smithsonian.com*. October 2012.
- Webb Jeremy.* Richard Wrangham: Cooking Is What Made Us Human // *New Scientist*. December 2009.
- Wildman Derek E., Uddin Monica, Liu Guozhen* et al. Implications of Natural Selection in Shaping 99.4 % Nonsynonymous DNA Identity between Humans and Chimpanzees: Enlarging Genus Homo // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. April 2003.
- Wood Bernard.* Human Evolution: Fifty Years after Homo Habilis // *Nature*. April 2014.
- World Health Organization. Dementia. April 2016.

Глава 2

- Barton J. J., Press D. Z., Keenan J. P., and O'Connor M.* Lesions of the Fusiform Face Area Impair Perception of Facial Configuration in Prosopagnosia // *Neurology*. January 2002.
- Callaway Ewen.* Starvation in Pregnant Mice Marks Offspring DNA // *Nature*. July 2014.

- Clutton-Brock Tim.* Cooperation Between Non-kin in Animal Societies // Nature. November 2009.
- Crick F. C. and Koch C.* What is the Function of the Claustrum? // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. June 2005.
- Darwin Charles.* The Descent of Man and Selection in Relation to Sex. New York: D. Appleton & Co., 1871, 1896.
- Davidson R. J.* One of a Kind: The Neurobiology of Individuality // Cerebrum. June 2014.
- Dunn Rob.* Your Appendix Could Save Your Life // Scientific American. January 2012.
- Human Intelligence. Charles Darwin. URL: <http://www.intelltheory.com/darwin.shtml>. December 2016.
- Jarvis Erin.* Humans – Are We Just Another Primate? // Berkeley Science Review. August 2011.
- Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development. What Role Do Epigenetics and Developmental Epigenetics Play in Health and Disease?
- Leech R. and Sharp D. J.* The Role of the Posterior Cingulate Cortex in Cognition and Disease // Brain. January 2014.
- Minagar A., Ragheb J., and Kelley R. E.* The Edwin Smith Surgical Papyrus: Description and Analysis of the Earliest Case of Aphasia // Journal of Medical Biography. May 2003.
- Penfield Wilder and Boldrev Edwin.* Somatic Motor and Sensorv Representation in the Cerebral Cortex of Man as Studied by Electrical Stimulation // Brain. 1937.
- Randal Bollinger R., Barbas A. S., Bush E. L., Lin S. S., and Parker W.* Biofilms in the Large Bowel Suggest an Apparent Function of the Human Vermiform Appendix // Journal of Theoretical Biology. December 2007.
- Roth G. and Dicke U.* Evolution of the Brain and Intelligence in Primates // Progress in Brain Research. 2012.
- Schlaug Gottfried, Norton Andrea, Overy Katie, and Winner Ellen.* Effects of Music Training on the Child’s Brain and Cognitive Development // Annals of the New York Academy of Sciences. 2005.
- Smith Kerri.* Evolution of a Single Gene Linked to Language // Nature. November 2009.
- Thomson Helen.* Famine Puts Next Two Generations at Risk of Obesity // New Scientist. July 2014.
- Wickens Andrew P.* A History of the Brain: From Stone Age Surgery to Modern Neuroscience. London: Psychology Press, 2014. P. 9.
- Zahid A.* The Vermiform Appendix: Not a Useless Organ // Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan. April 2004.
- Zaidel Dahlia W.* Creativity, Brain, and Art: Biological and Neurological Considerations // Frontiers in Human Neuroscience. June 2014.

Глава 3

- Alzheimer’s Association. 2014 Alzheimer’s Disease Facts and Figures. Science Direct. March 2014.
- Angold A., Costello E. J., and Erkanli A.* Comorbidity // Journal of Child Psychology and Psychiatry. January 1999.
- Auyeung B., Baron-Cohen S., Ashwin E., Knickmeyer R., Taylor K., Hackett G., and Hines M.* Fetal Testosterone Predicts Sexually Differentiated Childhood Behavior in Girls and in Boys // Psychological Science. February 2009.

- Baron-Cohen S.* The Extreme Male Brain Theory of Autism // Trends in Cognitive Sciences. June 2002.
- Chyi L. J., Lee H. C., Hintz S. R., Gould J. B., and Sutcliffe T. L.* School Outcomes of Late Preterm Infants: Special Needs and Challenges for Infants Born at 32 to 36 Weeks Gestation // Journal of Pediatrics. July 2008.
- Cohen Jacob.* Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. New York: Academic Press, 1969.
- Costa P. T. Jr., Terracciano A., and McCrae R. R.* Gender Differences in Personality Traits across Cultures: Robust and Surprising Findings // Journal of Personality and Social Psychology. August 2001.
- Crews F. T. and Boettiger C. A.* Impulsivity, Frontal Lobes and Risk for Addiction // Pharmacology, Biochemistry, and Behavior. September 2009.
- Faul Mark, Xu Likang, Wald Marlena M., and Coronado Victor G.* Traumatic Brain Injury in the United States: Emergency Department Visits, Hospitalizations, and Deaths 2002–2006 // US Department of Health and Human Services. March 2010.
- Feingold A.* Gender Differences in Personality: A Meta-analysis // Psychological Bulletin. November 1994.
- Fombonne E.* Epidemiological Surveys of Autism and Other Pervasive Developmental Disorders: An Update // Journal of Autism and Developmental Disorders. August 2003.
- Fombonne E.* Epidemiology of Pervasive Developmental Disorders // Pediatric Research. June 2009.
- Gogtay N., Lu A., Leow A. D., Klunder A. D., Lee A. D. et al.* Three-dimensional Brain Growth Abnormalities in Childhood-onset Schizophrenia Visualized by Using Tensor-based Morphometry // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. October 2008.
- Hanamsagar Richa.* Sex Differences in Neurodevelopmental and Neurodegenerative Disorders: A Largely Ignored Aspect of Research // Current Neurobiology. January 2015.
- Horwath E. and Weissman M. M.* The Epidemiology and Cross-national Presentation of Obsessive-Compulsive Disorder // Psychiatric Clinics of North America. September 2000.
- Hyde J. S.* Gender Similarities and Differences // Annual Review of Psychology. 2014.
- Hyde J. S.* Sex and Cognition: Gender and Cognitive Functions // Current Opinion in Neurobiology. June 2016.
- Jacquemont S., Coe B. P., Hersch M., Duyzend M. H., Krumm N. et al.* A Higher Mutational Burden in Females Supports a “Female Protective Model” in Neurodevelopmental Disorders // American Journal of Human Genetics. March 2014.
- Jeronimus B. F., Kotov R., Riese H., and Ormel J.* Neuroticism’s Prospective Association with Mental Disorders Halves after Adjustment for Baseline Symptoms and Psychiatric History, but the Adjusted Association Hardly Decays with Time // Psychological Medicine. October 2016.
- Kessler R. C., McGonagle K. A., Swartz M., Blazer D. G., and Nelson C. B.* Sex and Depression in the National Comorbidity Survey I: Lifetime Prevalence, Chronicity and Recurrence // Journal of Affective Disorders. October – November 1993.
- Kessler R. C., Sonnega A., Bromet E., Hughes M., and Nelson C. B.* Posttraumatic Stress Disorder in the National Comorbidity Survey // Archives of General Psychiatry. December 1995.
- Kim Y. S., Leventhal B. L., Koh Y. J., Fombonne E., Laska E. et al.* Prevalence of Autism Spectrum Disorders in a Total Population Sample // American Journal of Psychiatry. September 2011.
- Lai M.-C., Lombardo M. V., Auyeung B., Chakrabarti B., and Baron-Cohen S.* Sex/Gender Differences and Autism: Setting the Scene for Future Research // Journal of the American Academy of Child and Adolescent

Psychiatry. January 2015.

Manzardo A. M., Madarasz W. V., Penick E. C., Knop J., Mortensen E. L. et al. Effects of Premature Birth on the Risk for Alcoholism Appear to Be Greater in Males than Females // *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*. May 2011.

Moore David S. and Johnson Scott P. Mental Rotation in Human Infants: A Sex Difference // *Psychological Science*. November 2008.

Philip R. C., Dauvermann M. R., Whalley H. C., Baynham K., Lawrie S. M., and Stanfield A. C. A Systematic Review and Meta-analysis of the fMRI Investigation of Autism Spectrum Disorders // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. February 2012.

Pietschnig J., Penke L., Wicherts J. M., Zeiler M., and Voracek M. Meta-analysis of Associations between Human Brain Volume and Intelligence Differences: How Strong are They and What Do They Mean? // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. October 2015.

Prescott C. A., Aggen S. H., and Kendler K. S. Sex-specific Genetic Influences on the Comorbidity of Alcoholism and Major Depression in a Population-based Sample of US Twins // *Archives of General Psychiatry*. August 2000.

Potegal M. and Archer J. Sex Differences in Childhood Anger and Aggression // *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*. July 2004.

Quinn P. C. and Liben L. S. A Sex Difference in Mental Rotation in Young Infants // *Psychological Science*. November 2008.

Raznahan A., Shaw P., Lalonde F., Stockman M., Wallace G. L. et al. How Does Your Cortex Grow? // *Journal of Neuroscience*. May 2011.

Raznahan A., Toro R., Daly E., Robertson D., Murphy C. et al. Cortical Anatomy in Autism Spectrum Disorder: An in Vivo MRI Study on the Effect of Age // *Cerebral Cortex*. June 2010.

Rucklidge J. J. Gender Differences in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder // *Psychiatric Clinics of North America*. June 2010.

Rynkiewicz A., Schuller B., Marchi E., Piana S., Camurri A. et al. An Investigation of the “Female Camouflage Effect” in Autism Using a Computerized ADOS-2 and a Test of Sex/Gender Differences // *Molecular Autism*. January 2016.

Saha S., Chant D., Welham J., and McGrath J. A Systematic Review of the Prevalence of Schizophrenia // *PLoS Medicine*. May 2005.

Samuel D. B. and Widiger T. A. Conscientiousness and Obsessive-Compulsive Personality Disorder // *Personality Disorders*. July 2011.

Schmitt David P., Realo Anu, Voracek Martin, and Allik Jüri. Why Can't a Man Be More Like a Woman?: Sex Differences in Big Five Personality Traits across 55 Cultures // *Journal of Personality and Social Psychology*. January 2008.

Substance Abuse and Mental Health Services Administration, Results from the 2013 National Survey on Drug Use and Health: Summary of National Findings. HHS Publication No. (SMA) 14-4863, NSDUH Series H-48, Substance Abuse and Mental Health Services Administration, 2014

Van Den Eeden S. K., Tanner C. M., Bernstein A. L., Fross R. D., Leimpeter A. et al. Incidence of Parkinson's Disease: Variation by Age, Gender, and Race/Ethnicity // *American Journal of Epidemiology*. June 2003.

Weissman M. M., Bland R. C., Canino G. J., Faravelli C., Greenwald S. et al. Cross-national Epidemiology of Major Depression and Bipolar Disorder // Journal of the American Medical Association. July 1996.

Winstanley C. A., Eagle D. M., and Robbins T. W. Behavioral Models of Impulsivity in Relation to ADHD: Translation between Clinical and Preclinical Studies // Clinical Psychology Review. August 2006.

Глава 4

Bogen J. E. and Bogen G. M. Wernicke's Region: Where Is It? // Annals of the New York Academy of Sciences. October 1976.

Carter D. E. and Eckerman D. A. Symbolic Matching by Pigeons: Rate of Learning Complex Discriminations Predicted from Simple Discriminations // Science. February 1975.

Charles S. T. and Carstensen L. L. Social and Emotional Aging // Annual Review of Psychology. 2010.

Colom Roberto, Lluís-Font Josep M., and Andrés-Pueyo Antonio. The Generational Intelligence Gains Are Caused by Decreasing Variance in the Lower Half of the Distribution: Supporting Evidence for the Nutrition Hypothesis // Intelligence. 33. 2005.

Démonet J. F., Chollet F., Ramsay S., Cardebat D., Nespoulous J. L. et al. The Anatomy of Phonological and Semantic Processing in Normal Subjects // Brain. December 1992.

Fjell Anders M., Grydeland Håkon, Krogstad Stine K., Amlie Inge, Rohani Darius A. et al. Development and Aging of Cortical Thickness Correspond to Genetic Organization Patterns // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. September 2015.

Fortenbaugh F. C., DeGutis J., Germine L., Wilmer J. B., Grosso M. et al. Sustained Attention across the Life Span in a Sample of 10,000: Dissociating Ability and Strategy // Psychological Science. September 2015.

Grodzinsky Yosef and Santi Andrea. The Battle for Broca's Region // Trends in Cognitive Sciences. December 2008.

Hartshorne Joshua K. and Germine Laura T. When Does Cognitive Functioning Peak?: The Asynchronous Rise and Fall of Different Cognitive Abilities across the Life Span // Psychological Science. April 2015.

Hatton T. J. and Bray B. E. Long Run Trends in the Heights of European Men, 19th-20th Centuries // Economics and Human Biology. December 2010.

Inhelder Barbel and Piaget Jean. The Early Growth of Logic in the Child: Classification and Seriation. London: Routledge & Kegan Paul, 1964.

Knecht S., Dräger B., Deppe M., Bobe L., Lohmann H. et al. Handedness and Hemispheric Language Dominance in Healthy Humans // Brain. December 2000.

Libertus Klaus, Joh Amy S., and Work Needham Amy. Motor Training at 3 Months Affects Object Exploration 12 Months Later // Developmental Science. 2015.

Longevity Science Advisory Panel. Life Expectancy: Past and Future Variations by Gender in England and Wales. URL: www.longevitypanel.co.uk/_files/life-expectancy-by-gender.pdf. 2012.

Müller U., Burman J. T., and Hutchison S. M. The Developmental Psychology of Jean Piaget: A Quinquagenary Retrospective // Journal of Applied Developmental Psychology. January 2013.

Mustafa N., Ahearn T. S., Waiter G. D., Murray A. D., Whalley L. J., and Staff R. T. Brain Structural Complexity and Life Course Cognitive Change // NeuroImage. July 2012.

Neisser Ulric. Rising Scores on Intelligence Tests: Test Scores Are Certainly Going up All Over the World, but Whether Intelligence Itself Has Risen Remains Controversial // *American Scientist*. September – October 1997.

Pinker Stephen. *The Language Instinct: How the Mind Creates Language: The New Science of Language and Mind.* London: Penguin, 1995.

Ridler K., Veijola J. M., Tanskanen P., Miettunen J., Chitnis X. et al. Frontocerebellar Systems Are Associated with Infant Motor and Adult Executive Functions in Healthy Adults but Not in Schizophrenia // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. October 2006.

Stiles J. and Jernigan T. L. The Basics of Brain Development // *Neuropsychology Review*. December 2010.

Whalley Lawrence J. *Understanding Brain Aging and Dementia: A Life Course Approach.* New York: Columbia University Press, 2015.

Глава 5

Anderson M. V. and Rutherford M. D. Cognitive Reorganization During Pregnancy and the Postpartum Period: An Evolutionary Perspective // *Evolutionary Psychology*. October 2012.

Brennen Tim. Seasonal Cognitive Rhythms Within the Arctic Circle: An Individual Differences Approach // *Journal of Environmental Psychology*. June 2001.

Brennen T., Martinussen M., Hansen B. O., and Hjemdal O. Arctic Cognition: A Study of Cognitive Performance in Summer and Winter at 69°N // *Applied Cognitive Psychology*. 13. 1999.

Buchanan T. W., Laures-Gore J. S., and Duff M. C. Acute Stress Reduces Speech Fluency // *Biological Psychology*. March 2014.

Chamberlain S. R., Robbins T. W., Winder-Rhodes S., Müller U., Sahakian B. J. et al. Translational Approaches to Frontostriatal Dysfunction in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Using a Computerized Neuropsychological Battery // *Biological Psychiatry*. June 2011.

Cho K. Chronic “Jet Lag” Produces Temporal Lobe Atrophy and Spatial Cognitive Deficits // *Nature Neuroscience*. June 2001.

Christensen H., Leach L. S., and Mackinnon A. Cognition in Pregnancy and Motherhood: Prospective Cohort Study // *British Journal of Psychiatry*. February 2010.

Coren Stanley. Daylight Savings Time and Traffic Accidents // *New England Journal of Medicine*. April 1996.

Danziger S., Levav J., and Avnaim-Pesso L. Extraneous Factors in Judicial Decisions // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. April 2011.

Davies G., Welham J., Chant D., Torrey E. F., and McGrath J. A Systematic Review and Meta-analysis of Northern Hemisphere Season of Birth Studies in Schizophrenia // *Schizophrenia Bulletin*. January 2003.

de Bruin E. J., van Run C., Staaks J., and Meijer A. M. Effects of Sleep Manipulation on Cognitive Functioning of Adolescents: A Systematic Review // *Sleep Medicine Reviews*. April 2017.

Diekelmann S. and Born J. The Memory Function of Sleep // *Nature Reviews Neuroscience*. February 2010.

Duan S., Lv Z., Fan X., Wang L., Han F. et al. Vitamin D Status and the Risk of Multiple Sclerosis: A Systematic Review and Meta-analysis // *Neuroscience Letters*. June 2014.

Galioto R. and Spitznagel M. B. The Effects of Breakfast and Breakfast Composition on Cognition in Adults // *Advances in Nutrition*. May 2016.

- Geoffroy P. A., Bellivier F., Scott J., and Etain B.* Seasonality and Bipolar Disorder: A Systematic Review, from Admission Rates to Seasonality of Symptoms // *Journal of Affective Disorders*. October 2014.
- Haq A., Svobodová J., Imran S., Stanford C., and Razzaque M. S.* Vitamin D Deficiency: A Single Centre Analysis of Patients from 136 Countries // *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. November 2016.
- Hoekzema E., Barba-Müller E., Pozzobon C., Picado M., Lucco F. et al.* Pregnancy Leads to Long-lasting Changes in Human Brain Structure // *Nature Neuroscience*. February 2017.
- Hogan Candice L., Mata Jutta, and Carstensen Laura L.* Exercise Holds Immediate Benefits for Affect and Cognition in Younger and Older Adults // *Psychology and Aging*. June 2013.
- Hoyland A., Dye L., and Lawton C. L.* A Systematic Review of the Effect of Breakfast on the Cognitive Performance of Children and Adolescents // *Nutritional Research Reviews*. December 2009.
- Hwang J., Brothers R. M., Castelli D. M., Glowacki E. M., Chen Y. T. et al.* Acute High-Intensity Exercise-Induced Cognitive Enhancement and Brain-Derived Neurotrophic Factor in Young, Healthy Adults // *Neuroscience Letters*. September 2016.
- Kasper S., Wehr T. A., Bartko J. J., Gaist P. A., and Rosenthal N. E.* Epidemiological Findings of Seasonal Changes in Mood and Behavior: A Telephone Survey of Montgomery County, Maryland // *Archives of General Psychiatry*. September 1989.
- Lupien S. J., Maheu F., Tu M., Fiocco A., and Schramek T. E.* The Effects of Stress and Stress Hormones on Human Cognition: Implications for the Field of Brain and Cognition // *Brain and Cognition*. December 2007.
- Maguire Eleanor A., Gadian David G., Johnsrude Ingrid S., Good Catriona D., Ashburner J. et al.* Navigation-related Structural Change in the Hippocampi of Taxi Drivers // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. April 2000.
- Marquié J. C., Tucker P., Folkard S., Gentil C., and Ansiau D.* Chronic Effects of Shift Work on Cognition: Findings from the VISAT Longitudinal Study // *Occupational and Environmental Medicine*. April 2015.
- Martens Sander and Wyble Brad.* The Attentional Blink: Past, Present, and Future of a Blind Spot in Perceptual Awareness // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. May 2010.
- Mazahery H., Camargo C. A. Jr., Conlon C., Beck K. L., Kruger M. C., and von Hurst P. R.* Vitamin D and Autism Spectrum Disorder: A Literature Review // *Nutrients*. April 2016.
- McGrath J. J., Burne T. H., Féron F., Mackay-Sim A., and Eyles D. W.* Developmental Vitamin D Deficiency and Risk of Schizophrenia: A 10-year Update // *Schizophrenia Bulletin*. November 2010.
- Meyer C., Muto V., Jaspar M., Kussé C., Lambot E. et al.* Seasonality in Human Cognitive Brain Responses // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. March 2016.
- Miller Alison L., Seifer Ronald, Crossin Rebecca, and Lebourgeois Monique K.* Toddler's Self-regulation Strategies in a Challenge Context are Napdependent // *Journal of Sleep Research*. June 2015.
- Miller Michelle A.* The Role of Sleep and Sleep Disorders in the Development, Diagnosis, and Management of Neurocognitive Disorders // *Frontiers in Neurology*. October 2013.
- Nowson C. A., McGrath J. J., Ebeling P. R., Haikerwal A., Daly R. M. et al.* Vitamin D and Health in Adults in Australia and New Zealand: A Position Statement // *Medical Journal of Australia*. June 2012.
- Pantelis C., Barnes T. R., Nelson H. E., Tanner S., Weatherley L. et al.* Frontal-striatal Cognitive Deficits in Patients with Chronic Schizophrenia // *Brain*. October 1997.

- Petković Miodrag S.* Famous Puzzles of Great Mathematicians. Providence: American Mathematical Society, 2009.
- Reeves Adam and Sperling George.* Attention Gating in Short-term Visual Memory // *Psychological Review*. 93. 1986.
- Shallice T.* Specific Impairments of Planning // *Philosophical Transactions of the Royal Society*. June 1982.
- Sherry D. F. and MacDougall-Shackleton S. A.* Seasonal Change in the Avian Hippocampus // *Frontiers in Neuroendocrinology*. April 2015.
- Sundström Poromaa Inger and Gingnell Malin.* Menstrual Cycle Influence on Cognitive Function and Emotion Processing – from a Reproductive Perspective // *Frontiers in Neuroscience*. November 2014.
- Toffoletto S., Lanzenberger R., Gingnell M., Sundström Poromaa I., and Comasco E.* Emotional and Cognitive Functional Imaging of Estrogen and Progesterone Effects in the Female Human Brain: A Systematic Review // *Psychoneuroendocrinology*. December 2014.
- Warren R. E. and Frier B. M.* Hypoglycaemia and Cognitive Function // *Diabetes, Obesity and Metabolism*. September 2005.
- Yerkes Robert M. and Dodson John D.* The Relation of Strength of Stimulus to Rapidity of Habit-Formation // *Journal of Comparative Neurology and Psychology*. November 1908.

Глава 6

- Ackermann H.* Cerebellar Contributions to Speech Production and Speech Perception: Psycholinguistic and Neurobiological Perspectives // *Trends in Neurosciences*. June 2008.
- Aleccia JoNel.* Taking out Half a Kid's Brain Can Be Best Option to Stop Seizures, Research Confirms // *Today.com*. August 2013.
- American Association of Neurological Surgeons. Gunshot Wound Head Trauma. URL: <http://www.aans.org/en/Patients/Neurosurgical-Conditionsand-Treatments/Gunshot-Wound-Head-Trauma>. May 2015.
- Anderson Vicki, Spencer-Smith Megan, and Wood Amanda.* Do Children Really Recover Better?: Neurobehavioural Plasticity after Early Brain Insult // *Brain*. August 2011.
- Barton Robert A. and Venditti Chris.* Rapid Evolution of the Cerebellum in Humans and Other Great Apes // *Current Biology*. October 2014.
- Barrouquere Brett.* Defense: Death Row inmate Has No Frontal Lobe // *Lexington Herald Leader*. URL: <http://www.kentucky.com/news/local/crime/article44370489.html>. August 2012.
- Bash Dana.* "Stronger, better, tougher": Giffords Improves, but She'll Never Be the Same. URL: <http://edition.cnn.com/2013/04/09/politics/giffords-health/>. April 2013.
- BBC News. James Cracknell "Lucky to Be Alive" after US Bike Crash. September 2010.
- Bennett Hayley M., Mok Hoi Ping, Gkrania-Klotsas Effrossyni, Tsai Isheng J., Stanley Eleanor J. et al.* The Genome of the Sparganosis Tapeworm *Spirometra Erinacei* Isolated from the Biopsy of a Migrating Brain Lesion // *Genome Biology*. November 2014.
- Biography.com. Gabrielle Giffords. URL: <http://www.biography.com/people/gabrielle-giffords-20550593>.
- Boatman D., Freeman J., Vining E., Pulsifer M., Miglioretti D. et al.* Language Recovery after Left Hemispherectomy in Children with Late-onset Seizures // *Annals of Neurology*. October 1999.

Brodey Sam. Missouri is About to Execute a Man Who's Missing Part of His Brain'. Motherjones.com. March 2015.

Callahan Maureen. Cole Cohen: "Am I going crazy? What's wrong with me?" News Corporation Australia. May 2015.

Choi Charles. Strange but True: When Half a Brain Is Better than a Whole One // Scientific American. May 2007.

Cohen Cole. Head Case: My Brain and Other Wonders. New York: Henry Holt & Co., 2015.

DeNoon Daniel J. Gabrielle Giffords' Brain Injury: FAQ. URL: <http://www.webmd.com/brain/news/20110109/gabrielle-giffords-brain-injury-faq>. January 2011.

Feuillet Lionel, Dufour Henry, Pelletier Jean. Brain of a White-collar Worker // The Lancet. July 2007.

Glickstein Mitch. What Does the Cerebellum Really Do? // Current Biology. October 2007.

Gupta Sujata. Will Gabrielle Giffords Recover? // New Scientist. January 2011.

Hamilton Jon. A Man's Incomplete Brain Reveals Cerebellum's Role in Thought And Emotion. URL: <http://www.npr.org/sections/health-shots/2015/03/16/392789753/a-man-s-incomplete-brain-reveals-cerebellum-s-role-in-thought-and-emotion>. March 2015.

Healy Melissa. Beyond the Bullet: Surviving a Shot to the Head Carries Host of Challenges. URL: <http://phys.org/news/2011-01-bullet-surviving-shot-host.html>. January 2011.

Hemispherectomy Foundation. Facts about Hemispherectomy. URL: <http://hemifoundation.homestead.com/facts.html>

Hogan M. J., Staff R. T., Bunting B. P., Murray A. D., Ahearn T. S. et al. Cerebellar Brain Volume Accounts for Variance in Cognitive Performance in Older Adults // Cortex. April 2011.

Holloway V., Gadian D. G., Vargha-Khadem F., Porter D. A., Boyd S. G., and Connelly A. The Reorganization of Sensorimotor Function in Children after Hemispherectomy: A Functional MRI and Somatosensory Evoked Potential Study // Brain. December 2000.

Hopegood Rosie. James Cracknell on his Devastating Accident: "My Brain Injury Turned Me into a Completely Different Person" // Mirror.co.uk. October 2015.

Johnson Sara B., Blum Robert W., and Giedd J. N. Adolescent Maturity and the Brain: The Promise and Pitfalls of Neuroscience Research in Adolescent Health Policy // Journal of Adolescent Health. September 2009.

Lew Sean M. Hemispherectomy in the Treatment of Seizures: A Review // Translational Pediatrics. July 2014.

Lin Y., Harris D. A., Curry D. J., and Lam S. Trends in Outcomes, Complications, and Hospitalization Costs for Hemispherectomy in the United States for the Years 2000–2009 // Epilepsia. January 2015.

Macmillan Malcolm. Phineas Gage – Unravelling the Myth // The Psychologist. September 2008.

Marquez de la Plata C. D., Hart T., Hammond F. M., Frol A. B., Hudak A. et al. Impact of Age on Long-term Recovery From Traumatic Brain Injury // Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. May 2008.

Marshall Kelly and Marrapodi Eric. Born with Half a Brain, Woman Living Full Life. URL: <http://edition.cnn.com/2009/HEALTH/10/12/woman.brain/index.html?iref=24hours>. October 2009.

Monk V. James Cracknell: I won't let doctors tell me what to do // Telegraph.co.uk. February 2015.

Moosa Ahsan N. V., Jehi L., Marashly A., Cosmo G., Lachhwani D. et al. Long-term Functional Outcomes and Their Predictors after Hemispherectomy in 115 Children // *Epilepsia*. October 2013.

Mosenthal A. C., Livingston D. H., Lavery R. F., Knudson M. M., Lee S. et al. The Effect of Age on Functional Outcome in Mild Traumatic Brain Injury: 6-Month Report of a Prospective Multicenter Trial // *Journal of Trauma*. May 2004.

Muckli Lars, Naumer Marcus J., and Singer W. Bilateral Visual Field Maps in a Patient with Only One Hemisphere // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. June 2009.

National Institute of Neurological Disorders and Stroke, Agenesis of the Corpus Callosum information page. May 2016.

Nudo Randolph J. Recovery after Brain Injury: Mechanisms and Principles // *Frontiers in Human Neuroscience*. December 2013.

O'Driscoll Kieran and Leach John Paul. "No longer Gage": An Iron Bar Through the Head // *British Medical Journal*. December 1998.

Paradiso S., Andreasen N. C., O'Leary D. S., Arndt S., and Robinson R. G. Cerebellar Size and Cognition: Correlations with IQ, Verbal Memory and Motor Dexterity // *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurology*. January 1997.

Pilkington Ed. Missouri Executes Cecil Clayton, State's Oldest Death-row Inmate. URL: <https://www.theguardian.com/world/2015/mar/18/missouri-executes-cecil-clayton-supreme-court>. March 2015.

Schell-Apacik C. C., Wagner K., Bihler M., Ertl-Wagner B., Heinrich U. et al. Agenesis and Dysgenesis of the Corpus Callosum: Clinical, Genetic and Neuroimaging Findings in a Series of 41 Patients // *American Journal of Medical Genetics*. October 2008.

Teaches M. Sharon Parker: The Woman with the Mysterious Brain. URL: <http://mymultiplesclerosis.co.uk/ep/sharon-parker-the-woman-with-the-mysterious-brain>. July 2015.

Tovar-Moll F., Monteiro M., Andrade J., Bramatia I. E., Vianna-Barbosa R. et al. Structural and Functional Brain Rewiring Clarifies Preserved Interhemispheric Transfer in Humans Born without the Corpus Callosum // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. May 2014.

University of Glasgow. Scientists Reveal Secret of Girl with "All Seeing Eye". University of Glasgow website. July 2009.

Yu Feng, Jiang Qing-jun, Sun Xi-yan, and Zhang Rong-wei. A New Case of Complete Primary Cerebellar Agenesis: Clinical and Imaging Findings in a Living Patient // *Brain*. June 2015.

Глава 7

Achiron A. Measuring disability progression in multiple sclerosis // *Journal of Neurology*. 253. Suppl. 6. November 2006.

Alcohol Concern. Alcohol-Related Brain Damage: What Is It? Factsheet. 2016.

Alcoholconcern.org.uk. Alcohol Statistics. URL: <https://www.alcoholconcern.org.uk/alcohol-statistics>. August 2016.

Alcohol Pharmacology Education Partnership, The. Module 2: The ABCs of Intoxication. URL: <https://sites.duke.edu/apep/module-2-the-abcs-of-intoxication>

Alzheimer's Association. Dementia with Lewy Bodies. URL: <http://www.alz.org/dementia/dementia-with-lewy-bodies-symptoms.asp>

Alzheimer's Disease International. Dementia Statistics. URL: www.alz.co.uk/research/statistics

Alzheimer's Society. What Is dementia?

Alzheimer's Society. The Progression of Alzheimer's Disease and Other Dementias. https://www.alzheimers.org.uk/site/scripts/documents_info.php?documentID=133. April 2015.

Alzheimer's Society. What is Alcohol-related Brain Damage? October 2015.

BBC News. Belfast Man with vCJD Dies after Long Battle. URL: <http://www.bbc.co.uk/news/uk-northern-ireland-12667709>. March 2011.

BBC News. First CJD Drug Trial Patient Dies. URL: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/1687339.stm>. 2 December 2001.

Bloudoff-Indelicato Mollie. Jack Osbourne: "Don't Let MS Control Your Life". February 2016.

Brockes Emma. To the last breath. URL: <https://www.theguardian.com/education/2002/jan/15/medicalsceince.health>. 15 January 2002.

Collie D. A., Summers D. M., Sellar R. J., Ironside J. W., Cooper S. et al. Diagnosing Variant Creutzfeldt-Jakob Disease with the Pulvinar Sign: MR Imaging Findings in 86 Neuropathologically Confirmed Cases // *AJNR American Journal of Neuroradiology*. September 2003.

Dailymail.co.uk. Fresh Hope as CJD Victim Improves. URL: <http://www.dailymail.co.uk/health/article-66176/Fresh-hope-CJD-victim-improves.html>

Day E., Bentham P. W., Callaghan R., Kuruvilla T., and George S. Thiamine for Prevention and Treatment of Wernicke-Korsakoff Syndrome in People Who Abuse Alcohol // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Issue 7. 2013.

De Stefano N., Airas L., Grigoriadis N., Mattle H. P., O'Riordan J. et al. Clinical Relevance of Brain Volume Measures in Multiple Sclerosis // *CNS Drugs*. February 2014.

European Multiple Sclerosis Platform. Defeating MS Together: The European Code of Good Practice in MS. September 2014.

Harmon Katherine. How Has Stephen Hawking Lived Past 70 with ALS? // *Scientific American*. January 2012.

Hawking.org.uk. Brief Biography. URL: <http://www.hawking.org.uk/about-stephen.html>

Hellerstein David. Depression and Anxiety Disorders Damage Your Brain, Especially When Untreated // *Psychology Today*. July 2011.

Help for Alzheimer's Families. Americans Rank Alzheimer's as Most Feared Disease. November 2012.

Hendrick Bill. Americans Worry about Getting Alzheimer's. February 2011.

Honig L. S. and Mayeux R. Natural History of Alzheimer's Disease // *Aging*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11442300>. June 2001.

Insel Thomas. The Global Cost of Mental Illness. National Institute of Mental Health. URL: <https://www.nimh.nih.gov/about/director/2011/the-global-cost-of-mental-illness.shtml>. September 2011.

Kantarci K., Lesnick T., Ferman T. J., Pryzbelski S. A., Boeve B. F. et al. Hippocampal Volumes Predict Risk of Dementia with Lewy Bodies in Mild Cognitive Impairment // *Neurology*. November 2016.

Lillo P. and Hodges J. R. Cognition and Behaviour in Motor Neurone Disease // Current Opinion in Neurology. December 2010.

Luerding Ralf, Gebel Sophie, Gebel Eva-Maria, Schwab-Malek Susanne, and Weissert Robert. Influence of Formal Education on Cognitive Reserve in Patients with Multiple Sclerosis // Frontiers in Neurology. March 2016.

McCoy Terrence. How Stephen Hawking Is Still Alive, Defying ALS and the Worst Expectations. independent.co.uk. URL: <http://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/how-stephen-hawking-is-still-alive-defying-als-and-the-worst-expectations-10074974.html>. 27 February 2015.

Mental Health Foundation. Fundamental Facts About Mental Health 2015. URL: <https://www.mentalhealth.org.uk/publications/fundamental-facts-about-mental-health-2015>. October 2015.

Mezzapesa D. M., Ceccarelli A., Dicuonzo F., Carella A., De Caro M. F. et al. Whole-Brain and Regional Brain Atrophy in Amyotrophic Lateral Sclerosis // American Journal of Neuroradiology. February 2007.

Mirror.co.uk. Longest Surviving Victim of vCJD Holly Mills Dies in Her Sleep. URL: <http://www.mirror.co.uk/news/technology-science/longest-surviving-victim-of-vcjd-holly-98217>. 27 November 2011.

Motor Neurone Disease Association. Different Types of MND.

MS International Federation. What Is MS? URL: <https://www.msif.org/about-ms/what-is-ms>. October 2016.

National CJD Research & Surveillance Unit. University of Edinburgh website.

National Institute of Neurological Disorders and Stroke. Creutzfeldt-Jakob Disease Fact Sheet. URL: http://www.ninds.nih.gov/disorders/cjd/detail_cjd.htm. March 2003.

National Institute on Aging. Alzheimer's Disease: Unraveling the Mystery – The Changing Brain in Healthy Aging. January 2015.

National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism. The Neurotoxicity of Alcohol. URL: <http://pubs.niaaa.nih.gov/publications/10report/chap02e.pdf>

National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism. Alcohol Alert, no. 46. URL: <http://pubs.niaaa.nih.gov/publications/aa46.htm>. December 1999.

NHS Choices. Creutzfeldt-Jakob Disease. URL: <http://www.nhs.uk/conditions/Creutzfeldt-Jakob-disease/Pages/Introduction.aspx>. July 2015.

NHS Choices. Multiple Sclerosis – Symptoms. URL: <http://www.nhs.uk/Conditions/Multiple-sclerosis/Pages/Symptoms.aspx>

Office for National Statistics. Deaths Registered in England and Wales (Series DR): 2015. URL: <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/deaths/bulletins/deathsregisteredinenglandandwalesseriesdr/2015>

Oliver Joe. CJD Survivor Still Defying the Odds. belfasttelegraph.co.uk. URL: <http://www.belfasttelegraph.co.uk/sunday-life/cjd-survivor-still-defying-theodds-28459301.html>. December 2008.

Parry A., Baker I., Stacey R., and Wimalaratna S. Long term Survival in a Patient with Variant Creutzfeldt – Jakob Disease Treated with Intraventricular Pentosan Polysulphate // Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry. July 2007.

Patients Association, The. Dementia Overtakes Cancer as UK's Most Feared Illness. February 2015.

Peters R. Ageing and the Brain // Postgraduate Medical Journal. February 2006.

ScienMag.com. Study: Lack of Brain Shrinkage May Help Predict Who Develops Dementia with Lewy Bodies. November 2016.

Shiee N., Bazin P. L., Zackowski K. M., Farrell S. K., Harrison D. M. et al. Revisiting Brain Atrophy and Its Relationship to Disability in Multiple Sclerosis // PLoS One. May 2012.

Stanford Medicine News Center. Different Mental Disorders Linked to Same Brain-matter Loss, Study Finds. URL: <https://med.stanford.edu/news/all-news/2015/02/different-mental-disorders-cause-same-brain-matter-loss.html>. 4 February 2015.

Steinman Lawrence. No Quiet Surrender: Molecular Guardians in Multiple Sclerosis Brain // Journal of Clinical Investigation. April 2015.

Stern Y. Cognitive Reserve in Ageing and Alzheimer's Disease // Lancet Neurology. November 2012.

Stern Yaakov. Cognitive Reserve and Alzheimer Disease // Alzheimer Disease & Associated Disorders. 20. April/June 2006.

Sullivan Edith V., Harris R. Adron, and Pfefferbaum Adolf. Alcohol's Effects on Brain and Behavior // Alcohol Research & Health. January 2010.

Telegraph.co.uk. Ozzy Osbourne's Son Jack Diagnosed with Multiple Sclerosis. URL: <http://www.telegraph.co.uk/culture/music/music-news/9337002/Ozzy-Osbornes-son-Jack-diagnosed-with-multiple-sclerosis.html>. June 2012.

Topiwala Anya, Allan Charlotte L., Valkanova Vyara, Zsoldos Enikő, Filippini Nicola et al. Moderate Alcohol Consumption as Risk Factor for Adverse Brain Outcomes and Cognitive Decline: Longitudinal Cohort Study // British Medical Journal. May 2017.

UCSF Memory and Aging Center. Alzheimer's Disease. URL: <http://memory.ucsf.edu/education/diseases/alzheimer>

U. S. Department of Health and Human Services, 10th Special Report to the U. S. Congress on Alcohol and Health: Highlights from Current Research. June 2000.

World Health Organization. Variant Creutzfeldt-Jakob Disease. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs180/en>. February 2012.

YouGov UK. Cancer Britons Most Feared Disease. URL: <https://yougov.co.uk/news/2011/08/15/cancer-britons-most-feared-disease>. August 2011.

Глава 8

Barker D. and Osmond C. Infant Mortality, Childhood Nutrition, and Ischaemic Heart Disease in England and Wales // The Lancet. May 1986.

Barnett J. H., Salmond C. H., Jones P. B., and Sahakian B. J. Cognitive Reserve in Neuropsychiatry // Psychological Medicine. August 2006.

Barnett Jennifer H., Hachinski Vladimir, and Blackwell Andrew D. Cognitive Health Begins at Conception: Addressing Dementia as a Lifelong and Preventable Condition // BMC Medicine. November 2013.

Batouli S. A., Trollor J. N., Wen W., and Sachdev P. S. The Heritability of Volumes of Brain Structures and Its Relationship to Age: A Review of Twin and Family Studies // Ageing Research Reviews. January 2014.

- Belsky D. W., Caspi A., Israel S., Blumenthal J. A., Poulton R., and Moffitt T. E.* Cardiorespiratory Fitness and Cognitive Function in Midlife: Neuroprotection or Neuroselection? // *Annals of Neurology*. April 2015.
- Black R. E., Victora C. G., Walker S. P., Bhutta Z. A., Christian P. et al.* Maternal and Child Undernutrition and Overweight in Low-income and Middle-income Countries // *The Lancet*. August 2013.
- Bouchard T. J.* The Wilson Effect: The Increase in Heritability of IQ with Age // *Twin Research and Human Genetics*. October 2013.
- Bouchard T. J. Jr. and McGue M.* Genetic and Environmental Influences on Human Psychological Differences // *Journal of Neurobiology*. January 2003.
- Cox E. P., O'Dwyer N., Cook R., Vetter M., Cheng H. L. et al.* Relationship between Physical Activity and Cognitive Function in Apparently Healthy Young to Middle-aged Adults: A Systematic Review // *Journal of Science and Medicine in Sport*. August 2016.
- Davies G., Marioni R. E., Liewald D. C., Hill W. D., Hagenaars S. P. et al.* Genome-wide Association Study of Cognitive Functions and Educational Attainment in UK Biobank (N=112 151) // *Molecular Psychiatry*. June 2016.
- Deary I. J., Johnson W., and Houlihan L. M.* Genetic Foundations of Human Intelligence // *Human Genetics*. July 2009.
- Ferguson Christopher J.* Do Angry Birds Make for Angry Children?: A Meta-analysis of Video Game Influences on Childrens' and Adolescents' Aggression, Mental Health, Pro-social Behavior, and Academic Performance // *Perspectives on Psychological Science*. September 2015.
- Gefen T., Peterson M., Papastefan S. T., Martersteck A., Whitney K. et al.* Morphometric and Histologic Substrates of Cingulate Integrity in Elders with Exceptional Memory Capacity // *Journal of Neuroscience*. January 2015.
- Gillman M. W. and Rich-Edwards J. W.* The Fetal Origin of Adult Disease: From Sceptic to Convert // *Paediatric and Perinatal Epidemiology*. July 2000.
- Goldman A. S.* The Immune System of Human Milk: Antimicrobial, Antiinflammatory and Immunomodulating Properties // *Pediatric Infectious Disease Journal*. August 1993.
- Hagenaars S. P., Harris S. E., Davies G., Hill W. D., Liewald D. C. et al.* Shared Genetic Aetiology between Cognitive Functions and Physical and Mental Health in UK Biobank (N=112 151) and 24 GWAS Consortia // *Molecular Psychiatry*. November 2016.
- Hales C. N. and Barker D. J.* The Thrifty Phenotype Hypothesis // *British Medical Bulletin*. 2001.
- Harris Judith Rich.* *The Nurture Assumption: Why Children Turn Out the Way They Do.* London: Bloomsbury, 1998.
- Harrison Theresa M., Weintraub Sandra, Mesulam M.-Marsel, and Rogalski Emily.* Superior Memory and Higher Cortical Volumes in Unusually Successful Cognitive Aging // *Journal of the International Neuropsychological Society*. November 2012.
- Hopkins M. E., Davis F. C., Vantighem M. R., Whalen P. J., and Bucci D. J.* Differential Effects of Acute and Regular Physical Exercise on Cognition and Affect // *Neuroscience*. July 2012.
- Horta Bernardo L. and Victora Cesar G.* Short-term Effects of Breastfeeding: A Systematic Review on the Benefits of Breastfeeding on Diarrhoea and Pneumonia Mortality// *World Health Organization Institutional Repository for Information Sharing*. 2013.

- Horta B. L., Loret de Mola C., and Victora C. G.* Breastfeeding and Intelligence: A Systematic Review and Meta-analysis // *Acta Paediatrica*. December 2015.
- Kormos C. E., Wilkinson A. J., Davey C. J., and Cunningham A. J.* Low Birth Weight and Intelligence in Adolescence and Early Adulthood: A Metaanalysis // *Journal of Public Health*. June 2014.
- Kramer M. S.* Determinants of Low Birth Weight: Methodological Assessment and Meta-analysis // *Bulletin of the World Health Organization*. 1987.
- Kramer M. S., Aboud F., Mironova E., Vanilovich I., Platt R. W. et al.* Breastfeeding and Child Cognitive Development: New Evidence from a Large Randomized Trial // *Archives of General Psychiatry*. May 2008.
- Ksir C. and Hart C. L.* Cannabis and Psychosis: A Critical Overview of the Relationship // *Current Psychiatry Reports*. February 2016.
- Lees C. and Hopkins J.* Effect of Aerobic Exercise on Cognition, Academic Achievement, and Psychosocial Function in Children: A Systematic Review of Randomized Control Trials // *Preventing Chronic Disease*. October 2013.
- Loret de Mola C., de França G. V., Quevedo Lde A., and Horta B. L.* Low Birth Weight, Preterm Birth and Small for Gestational Age Association with Adult Depression: Systematic Review and Meta-analysis // *British Journal of Psychiatry*. November 2014.
- Ma Y., Goins K. V., Pbert L., and Ockene J. K.* Predictors of Smoking Cessation in Pregnancy and Maintenance Postpartum in Low-income Women // *Maternal and Child Health Journal*. December 2005.
- Marconi A., Di Forti M., Lewis C. M., Murray R. M., and Vassos E.* Meta-analysis of the Association Between the Level of Cannabis Use and Risk of Psychosis // *Schizophrenia Bulletin*. September 2016.
- Moffitt T. E., Arseneault L., Belsky D., Dickson N., Hancox R. J. et al.* A Gradient of Childhood Self-control Predicts Health, Wealth, and Public Safety // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. February 2011.
- Moon H. Y., Becke A., Berron D., Becker B., Sah N. et al.* Running-Induced Systemic Cathepsin B Secretion Is Associated with Memory Function // *Cell Metabolism*. August 2016.
- Paul Annie Murphy.* *Origins: How the Nine Months before Birth Shape the Rest of our Lives*. New York: Free Press, 2011.
- Podewils L. J., Guallar E., Kuller L. H., Fried L. P., Lopez O. L. et al.* Physical activity, APOE Genotype, and Dementia Risk: Findings from the Cardiovascular Health Cognition Study // *American Journal of Epidemiology*. April 2005.
- Polderman T. J., Benyamin B., de Leeuw C. A., Sullivan P. F., van Bochoven A. et al.* Meta-analysis of the Heritability of Human Traits Based on Fifty Years of Twin Studies // *Nature Genetics*. July 2015.
- Raikkonen K., Kajantie E., Pesonen A. K., Heinonen K., Alastalo H. et al.* Early Life Origins Cognitive Decline: Findings in Elderly Men in the Helsinki Birth Cohort Study // *PLoS One*. 2013.
- Roig M., Nordbrandt S., Geertsen S. S., and Nielsen J. B.* The Effects of Cardiovascular Exercise on Human Memory: A Review with Meta-analysis // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. September 2013.
- Scarr S. and McCartney K.* How People Make Their Own Environments: A Theory of Genotype Greater than Environment Effects // *Child Development*. April 1983.
- Schaefer J. D., Caspi A., Belsky D. W., Harrington H., Houts R. et al.* Enduring Mental Health: Prevalence and Prediction // *Journal of Abnormal Psychology*, February 2017.

Slutske W. S., Moffitt T. E., Poulton R., and Caspi A. Undercontrolled Temperament at Age 3 Predicts Disordered Gambling at Age 32: A Longitudinal Study of a Complete Birth Cohort // *Psychological Science*. May 2012.

Spalding K. L., Bergmann O., Alkass K., Bernard S., Salehpour M. et al. Dynamics of Hippocampal Neurogenesis in Adult Humans // *Cell*. June 2013.

Stern Y. Cognitive Reserve in Ageing and Alzheimer's Disease // *Lancet Neurology*. November 2012.

Sun F. W., Stepanovic M. R., Andreano J., Barrett L. F., Touroutoglou A., and Dickerson B. C. Youthful Brains in Older Adults: Preserved Neuroanatomy in the Default Mode and Salience Networks Contributes to Youthful Memory in Superaging // *Journal of Neuroscience*. September 2016.

van Oijen M., de Jong F. J., Witteman J. C., Hofman A., Koudstaal P. J., and Breteler M. M. Atherosclerosis and Risk for Dementia // *Annals of Neurology*. May 2007.

van Praag H., Shubert T., Zhao C., and Gage F. H. Exercise Enhances Learning and Hippocampal Neurogenesis in Aged Mice // *Journal of Neuroscience*. September 2005.

Woodby L. L., Windsor R. A., Snyder S. W., Kohler C. L., and Diclemente C. C. Predictors of Smoking Cessation during Pregnancy // *Addiction*. February 1999.

Глава 9

Abbott C. C., Gallegos P., Rediske N., Lemke N. T., and Quinn D. K. A Review of Longitudinal Electroconvulsive Therapy: Neuroimaging Investigations // *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*. March 2014.

Andersen R. A., Kellis S., Klaes C., and Aflalo T. Toward More Versatile and Intuitive Cortical Brain – Machine Interfaces // *Current Biology*. September 2014.

BBC News. Paralyzed Man Feeds Himself with Help of Implants. URL: <http://www.bbc.co.uk/news/health-39416974>. 29 March 2017.

Bharatbook.com. Global Cosmetic Surgery and Service Market Report 2015–2019. March 2015.

Biddle S. J., Gorely T., Marshall S. J., Murdey I., and Cameron N. Physical Activity and Sedentary Behaviours in Youth: Issues and Controversies // *Journal of the Royal Society for the Promotion of Health*. January 2004.

Bisagno V., González B., and Urbano F. J. Cognitive Enhancers versus Addictive Psychostimulants: The Good and Bad Side of Dopamine on Prefrontal Cortical Circuits // *Pharmacological Research*. July 2016.

Chen H., Kwong J. C., Copes R., Tu K., Villeneuve P. J. et al. Living Near Major Roads and the Incidence of Dementia, Parkinson's Disease, and Multiple Sclerosis: A Population-based Cohort Study // *The Lancet*. February 2017.

Darpa.mil. Neurotechnology Provides Near-Natural Sense of Touch. September 2015.

Deer T. R., Krames E., Mekhail N., Pope J., Leong M. et al. The Appropriate Use of Neurostimulation: New and Evolving Neurostimulation Therapies and Applicable Treatment for Chronic Pain and Selected Disease States. Neuromodulation Appropriateness Consensus Committee // *Neuromodulation*. August 2014.

Dierckx B., Heijnen W. T., van den Broek W. W., and Birkenhäger T. K. Efficacy of Electroconvulsive Therapy in Bipolar versus Unipolar Major Depression: A Meta-analysis // *Bipolar Disorders*. March 2012.

Eapen B. C., Murphy D. P., and Cifu D. X. Neuroprosthetics in Amputee and Brain Injury Rehabilitation // *Experimental Neurology*. January 2017.

Ernst & Young. Seeking Sustainable Growth: The Luxury and Cosmetics Financial Factbook. URL: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY_Factbook_2015/\\$FILE/EY-Factbook-2015.PDF](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY_Factbook_2015/$FILE/EY-Factbook-2015.PDF). 2015.

Etchells Pete, Fletcher-Watson Sue, Blakemore Sarah-Jayne, Chambers Chris, Kardefelt-Winther Daniel et al. Screen Time Guidelines Need to Be Built on Evidence, Not Hype. URL: <https://www.theguardian.com/science/head-quarters/2017/jan/06/screen-time-guidelines-need-to-be-built-on-evidence-not-hype>. 6 January 2017.

George Madeleine J. and Odgers Candice L. Seven Fears and the Science of How Mobile Technologies May Be Influencing Adolescents in the Digital Age // Perspectives on Psychological Science. November 2015.

Godinho B. M., Malhotra M., O'Driscoll C. M., and Cryan J. F. Delivering a Disease-modifying Treatment for Huntington's Disease // Drug Discovery Today. January 2015.

Hawking.com. My Computer. URL: <http://www.hawking.org.uk/the-computer.html>

Haz-map.com. In Post-Industrial Countries, What Is the Current Status of Our Environment Compared to 25 Years Ago? URL: <http://www.haz-map.com/pollutio.htm>. April 2011.

Horvath J. C., Forte J. D., and Carter O. Quantitative Review Finds No Evidence of Cognitive Effects in Healthy Populations From Single-session Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) // Brain Stimulation. May – June 2015.

Iaccarino H. F., Singer A. C., Martorell A. J., Rudenko A., Gao F. et al. Gamma Frequency Entrainment Attenuates Amyloid Load and Modifies Microglia // Nature. December 2016.

Jarvis S. and Schultz S. R. Prospects for Optogenetic Augmentation of Brain Function // Frontiers in Systems Neuroscience. November 2015.

Kalia L. V., Kalia S. K., and Lang A. E. Disease-modifying Strategies for Parkinson's Disease // Movement Disorders. September 2015.

Kirik D., Cederfjäll E., Halliday G., and Petersén A. Gene Therapy for Parkinson's Disease: Disease Modification by GDNF Family of Ligands // Neurobiology of Disease. January 2017.

Lefaucheur J. P., André-Obadia N., Antal A., Ayache S. S., Baeken C. et al. Evidence-based Guidelines on the Therapeutic Use of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) // Clinical Neurophysiology. November 2014.

LeWitt P. A., Rezai A. R., Leehey M. A., Ojemann S. G., Flaherty A. W. et al. AAV2-GAD Gene Therapy for Advanced Parkinson's Disease: A Doubleblind, Sham-surgery Controlled, Randomised Trial // Lancet Neurology. April 2011.

Lewis P. M., Ackland H. M., Lowery A. J., and Rosenfeld J. V. Restoration of Vision in Blind Individuals Using Bionic Devices: A Review with a Focus on Cortical Visual Prostheses // Brain Research. January 2015.

Miocinovic S., Somayajula S., Chitnis S., and Vitek J. L. History, Applications, and Mechanisms of Deep Brain Stimulation // JAMA Neurology. February 2013.

Mitteroecker P., Huttegger S. M., Fischer B., and Pavlicev M. Cliff-edge Model of Obstetric Selection in Humans // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. December 2016.

Mohammadi Dara. Huntington's Disease: The New Gene Therapy That Patients Cannot Afford // The Guardian. 15 May 2016.

Niparko J. K., Tobey E. A., Thal D. J., Eisenberg L. S., Wang N. Y. et al. Spoken Language Development in Children Following Cochlear Implantation // Journal of the American Medical Association. April 2010.

Plasticsurgery.org. Plastic Surgery Statistics Show New Consumer Trends. 26 February 2015.

Ramaswamy S. and Kordower J. H. Gene Therapy for Huntington's Disease // *Neurobiology of Disease*. November 2012.

Repantis D., Laisney O., and Heuser I. Acetylcholinesterase Inhibitors and Memantine for Neuroenhancement in Healthy Individuals: A Systematic Review // *Pharmacological Research*. June 2010.

Roy D. S., Arons A., Mitchell T. I., Pignatelli M., Ryan T. J., and Tonegawa S. Memory Retrieval by Activating Engram Cells in Mouse Models of Early Alzheimer's Disease // *Nature*. March 2016.

Sahakian B. J., Bruhl A. B., Cook J., Killikelly C., Savulich G. et al. The Impact of Neuroscience on Society: Cognitive Enhancement in Neuropsychiatric Disorders and in Healthy People // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Biological Sciences*. September 2015.

Shin J. W., Kim K. H., Chao M. J., Atwal R. S., Gillis T. et al. Permanent Inactivation of Huntington's Disease Mutation by Personalized IIS-specific CRISPR/Cas9 // *Human Molecular Genetics*. October 2016.

Slotema C. W., Blom J. D., Hoek H. W., and Sommer I. E. Should We Expand the Toolbox of Psychiatric Treatment Methods to Include Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS)? A Meta-analysis of the Efficacy of rTMS in Psychiatric Disorders // *Journal of Clinical Psychiatry*. July 2010.

Smith M. E. and Farah M. J. Are Prescription Stimulants "smart pills"? The Epidemiology and Cognitive Neuroscience of Prescription Stimulant Use by Normal Healthy Individuals // *Psychological Bulletin*. September 2011.

Sparreboom M., van Schoonhoven J., van Zanten B. G., Scholten R. J., Mylanus E. A. et al. The Effectiveness of Bilateral Cochlear Implants for Severe-to-Profound Deafness in Children: A Systematic Review // *Otology & Neurotology*. September 2010.

UCL Huntington's Disease Research. Trial of Innovative Drug, Developed by Ionis Pharmaceuticals, Aims to Reduce Production of the Toxic Protein that Causes Devastating Brain Disease. URL: <http://hdresearch.ucl.ac.uk/2015/10/first-patients-treated-with-gene-silencing-drug-isis-htrx-for-huntingtons-disease-2>. October 2015.

van der Lely S., Frey S., Garbazza C., Wirz-Justice A., Jenni O. G. et al. Blue Blocker Glasses as a Countermeasure for Alerting Effects of Evening Light-emitting Diode Screen Exposure in Male Teenagers // *Journal of Adolescent Health*. January 2015.

van Schoonhoven J., Sparreboom M., van Zanten B. G., Scholten R. J., Mylanus E. A. et al. The Effectiveness of Bilateral Cochlear Implants for Severe-to-Profound Deafness in Adults: A Systematic Review // *Otology & Neurotology*. February 2013.

Vastag B. Poised to Challenge Need for Sleep, "Wakefulness Enhancer" Rouses Concerns // *Journal of the American Medical Association*. January 2004.

Xie L., Kang H., Xu Q., Chen M. J., Liao Y. et al. Sleep Drives Metabolite Clearance from the Adult Brain // *Science*. October 2013.

СНОСКИ

1

На самом деле во взрослом состоянии появление новых нейронов существенно ограничено и возможно всего в нескольких зонах мозга. В данном случае можно говорить об изменении количества и качества связей между нейронами. – *Здесь и далее, если не указано иное, примеч. науч. ред.*

2

От *SuperAging* (букв. перевод – «суперстарение»). – *Примеч. перев.*

3

Полное видовое название, включающее подвид, – *Homo sapiens sapiens*.

4

По современным данным, мозг слона может содержать до 257 млрд нейронов. См.: *Herculano-Houzel S., Avelino-de-Souza K., Neves K., Porfirio J., Messeder D., Mattos Feijó L., Maldonado J., Manger PR* (2014). The Elephant Brain in Numbers // *Frontiers in Neuroanatomy*. 8: 46. doi:10.3389/fnana.2014.00046.

5

В лимбическую систему, помимо перечисленных, входит еще ряд других структур коры: лимбическая доля, орбитофронтальная кора, энторинальная кора и подкорковые образования (прилежащее ядро, сосцевидные тела, переднее ядро таламуса).

6

В настоящее время этим вопросом довольно активно занимаются и высказываются предположения, что в кохлеарном ядре обрабатывается часть данных о локализации звуков с использованием разницы в частотной информации, возникающей за счет сложной формы наружного уха.

7

Работа Чарльза Дарвина «Происхождение человека и половой отбор» вышла в 1871 г. – *Примеч. перев.*

8

Это не совсем так, существуют соматические мутации, так что клетки кожи большого пальца правой руки могут немного отличаться от клеток большого пальца левой руки.

9

Существуют более достоверные структурные различия на микроуровне, например среди ядер гипоталамуса можно выделить ядро полового диморфизма, размер которого больше у мужчин.

10

Дупликация – хромосомная перестройка, в результате которой участок хромосомы, с содержащимися в этом участке генами, удваивается. Делеция – хромосомная перестройка, приводящая к утрате части хромосомы.

11

Эта аналогия не совсем верна – изолянта на электрическом проводе конечно же не ускоряет проведение электрического тока. В отличие от нее миелиновая оболочка, создающая на аксоне отдельные изолированные участки, позволяет сигналу не распространяться между ближайшими участками его мембраны, а сразу перепрыгивать через изолированные участки, тем самым увеличивая скорость проведения импульса.

12

Первым, кто начал рассматривать визуальный интерес как метод исследования, был американский психолог Роберт Фанц (1925–1981). – *Примеч. перев.*

13

БДГ-фаза сна, также называемая «быстрым» или «парадоксальным» сном, – одна из фаз сна, характеризующаяся быстрыми движениями глаз и повышенной активностью головного мозга.

14

Когнитивная карта Лондона была предложена в 1865 г. и с тех пор мало изменилась. «The Knowledge» (*англ.* «знание») помогает водителям запомнить 26 тыс. улиц. Чтобы получить лицензию таксиста, необходимо сдать экзамен по этой карте. – *Примеч. перев.*

15

Нельзя, впрочем, отбрасывать и другую возможность – то, что экзамен по «the Knowledge» сдают только люди с достаточным размером гиппокампа.

16

Периодом вымывания в клинических испытаниях обозначается срок, который должен пройти после отмены лечения, прежде чем оно перестанет оказывать эффект. – *Примеч. перев.*

17

Речь идет о так называемых медленных, или сложных, углеводах, которые медленно выделяют в кровь глюкозу. К ним относятся крупы, цельнозерновой хлеб и макаронные изделия, овощи. – *Примеч. перев.*

18

Схема деления полей зрения между полушариями у человека несколько сложнее – каждое полушарие получает половину поля зрения и от правого, и от левого глаза.

19

Нейрогенез взрослых (появление новых нервных клеток) сильно ограничен и достоверно показан только для двух областей.

20

Брайан Кольб (род. 1947) – канадский нейрофизиолог. – *Примеч. перев.*

21

Книга написана в 2017 г. Стивен Хокинг скончался 14 марта 2018 г. – *Примеч. ред.*

22

На этом этапе уже отмечается повреждение небольшого участка коры, называемого энторинальной корой.

23

Оригинальное название фильма – «Limitless» (*англ.*) – переводится как «отсутствие границ». – *Примеч. перев.*

24

В фильме 2011 г. герой собирался стать президентом США. Сюжет про сенат происходит из одноименного сериала, премьеры которого состоялась в 2015 г. на канале CBS. – *Примеч. перев.*

25

* В России метод ТКМП применяется, но не повсеместно. – *Примеч. перев.*

26

В этом случае важна длина волны света.